

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5507813号
(P5507813)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 L 1/00 (2006. 01)

H O 4 L 1/00 B

H O 4 W 28/18 (2009. 01)

H O 4 W 28/18 1 1 O

H O 4 W 28/04 (2009. 01)

H O 4 W 28/04

H O 3 M 13/29 (2006. 01)

H O 4 L 1/00 E

H O 3 M 13/35 (2006. 01)

H O 3 M 13/29

請求項の数 6 (全 51 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-33241 (P2008-33241)
 (22) 出願日 平成20年2月14日 (2008. 2. 14)
 (65) 公開番号 特開2008-228285 (P2008-228285A)
 (43) 公開日 平成20年9月25日 (2008. 9. 25)
 審査請求日 平成23年1月26日 (2011. 1. 26)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-36941 (P2007-36941)
 (32) 優先日 平成19年2月16日 (2007. 2. 16)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100105050
 弁理士 鷲田 公一
 (72) 発明者 岡村 周太
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 (72) 発明者 村上 豊
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 (72) 発明者 折橋 雅之
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送信装置及び受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の情報系列と、前記第1の情報系列と異なる情報系列である第2の情報系列とを送信する送信装置であって、

前記第1の情報系列を符号化する第1の符号化器と、

前記第1の情報系列と前記第2の情報系列とを接続した系列を符号化する第2の符号化器と、

(i) 前記第1の符号化器により得られる前記第1の情報系列及び第1のパリティ系列からなる第1の符号化系列と、(ii) 前記第2の符号化器により得られる、前記第1の情報系列、前記第2の情報系列及び第2のパリティ系列からなる符号化系列のうち、前記第1の情報系列を除く、前記第2の情報系列及び前記第2のパリティ系列からなる第2の符号化系列と、

を送信する送信部と、

を具備し、

前記送信部は、

前記第1の符号化器によって得られた前記第1の符号化系列を、受信装置に既知である第1の送信パラメータを用いて送信し、

前記第2の符号化器によって得られた前記第2の符号化系列を、前記第1の情報系列に含まれる第2の送信パラメータの情報に従って送信し、

前記第2の情報系列は、前記第1の情報系列よりも受信側での誤り率特性が悪い送信方

法、又は、雑音若しくは干渉の影響を受けやすい通信環境で伝送される情報系列である、送信装置。

【請求項 2】

前記第 1 の情報系列は、前記第 2 の情報系列よりも誤り率特性が良い状態で受信されることが求められる情報系列である、

請求項 1 に記載の送信装置。

【請求項 3】

前記第 1 の情報系列に、予め定めた規則に基づいて、既知情報を挿入する既知情報挿入部を更に含み、

前記第 1 及び第 2 の符号化器は、ブロック符号化器、組織的ブロック符号化器又は L D P C 符号化器である、

請求項 1 に記載の送信装置。

【請求項 4】

前記第 1 の情報系列は、プライマリ報知チャンネルで送信される情報系列であり、

前記第 2 の情報系列は、ノンプライマリ報知チャンネルで送信される情報系列である

請求項 1 に記載の送信装置。

【請求項 5】

前記既知情報は、送信相手である前記受信装置に既知の情報である、

請求項 3 に記載の送信装置。

【請求項 6】

信号を受信する受信部と、

既知である第 1 の送信パラメータに応じて、前記受信信号のうち、第 1 の情報系列を符号化して生成された第 1 のパリティ系列及び前記第 1 の情報系列を含む第 1 の符号化系列を復号することで、第 1 の情報系列を得る第 1 の復号器と、

前記第 1 の情報系列に含まれる第 2 の送信パラメータを用いて、前記受信信号のうち、前記第 1 の情報系列と第 2 の情報系列とを接続した系列を符号化して生成された第 2 のパリティ系列、前記第 1 の情報系列及び前記第 2 の情報系列からなる符号化系列を含む第 2 の符号化系列を復号し、前記第 1 の情報系列に接続したデータである第 2 の情報系列を得る第 2 の復号器と、

を具備し、

前記第 2 の情報系列は、前記第 1 の情報系列よりも受信側での誤り率特性が悪い送信方法、又は、雑音若しくは干渉の影響を受けやすい通信環境で伝送される情報系列である、受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、前方誤り訂正 (F E C : Forward Error Correction) 処理を行う送信装置及び受信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、3 G P P (3rd Generation Partnership Project) において、第 3 世代のセルラ-移動通信システムの発展版として、E v o l v e d U T R A (UMTS Terrestrial Radio Access) と U T R A N (UMTS Terrestrial Radio Access Network) と呼ばれる、I P (Internet Protocol) ベースの無線アクセスネットワークの標準化が行われている。E v o l v e d U T R A では、目標最大レートは、2 0 M H z 帯域使用時に下りで 1 0 0 M b p s 、上りで 5 0 M b p s と規定されている。よって、最大レートでの周波数効率は、それぞれ下り 5 b p s / H z 、上り 2 . 5 M b p s / H z となる。

【0003】

非特許文献 1 では、E v o l v e d U T R A における下りリンクにおける報知チャンネル (B C H : Broadcast Channel) の構成が提案されている。図 4 7 に、提案されている

10

20

30

40

50

BCHの構成を示す。この構成においては、BCHをプライマリBCHとノンプライマリBCHの2種類に階層化して送信するようになっている。プライマリBCHでは、基地局の使用帯域幅など、セルサーチ後に最初に受信する必要がある情報が送信される。そのため、プライマリBCHは、システムであらかじめ決められたリソースに固定的に割り当てられて送信される。また、プライマリBCHは、一つの基地局の全セクタに、同時に同一の情報が送信される。

【0004】

一方、ノンプライマリBCHでは、各セクタや各移動端末への個別の情報が送信される。ここで、ノンプライマリBCHは、プライマリBCHが受信された後に受信されるので、あらかじめ決められたリソース以外にも割り当てて送信することができる。さらに、ノンプライマリBCHには、各セクタや各移動端末への個別の情報が含まれているので、ノンプライマリBCHでは、基地局毎、セクタアンテナ毎及び又はフレーム毎に異なる信号が送信される。

10

【0005】

例えば図47に示すように、移動端末が10MHz帯域幅の受信能力をもっている場合、プライマリBCHは、中心の1.25MHz帯域幅で送信され、ノンプライマリBCHは、5MHz帯域幅で送信される。またその他の帯域には、複数の移動端末へのデータが多重された共通データチャネルが割り当てられる。

【0006】

ここで、Evolved UTRAにおいて、セルのカバレッジを広くとるために、プライマリBCHの受信品質を向上させることが望まれる。しかし、プライマリBCHは、1.25MHzと少ない周波数帯域幅で送信されるため、周波数ダイバーシチでゲインを稼ぐことが難しい。

20

【0007】

そこで、非特許文献1では、図48に示すように、複数セクタに同時に送信されるプライマリBCHを、移動端末でソフト合成して受信することで受信品質の向上を図っており、その有効性が示されている。また、プライマリBCHは、各無線フレームの先頭で送信され、かつ、全てのフレームで同一の信号であるため、時間ダイバーシチを行ってゲインを稼ぐことも可能である。

【非特許文献1】樋口他、“Evolved UTRA下りリンクにおける報知チャネル構成の検討、”2006年電子情報通信学会ソサイエティ大会予稿集B-5-30

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、プライマリBCHで送信される情報は、合成やダイバーシチ技術を使って、容易に受信品質（誤り率特性）を向上させることができる。

【0009】

しかしながら、ノンプライマリBCHは、セクタ間及びフレーム間で異なる信号が送信されているため、ノンプライマリBCHの受信時に、他のセクタからのノンプライマリBCHが干渉となってしまうという問題があった。そのため、ノンプライマリBCHで送信される情報の受信品質（誤り率特性）を向上させる技術が必要となる。

40

【0010】

本発明は、前記従来の課題を解決するもので、例えばプライマリBCHで送信される情報とノンプライマリBCHで送信される情報の関係のように、受信品質を確保し易い第1の情報系列と受信品質の確保が困難な第2の情報系列を送信する場合に、受信品質の確保が困難な第2の情報系列の誤り率特性を向上させることができる送信装置及び受信装置を提供することを目的とする。

【0011】

または、本発明は、プライマリBCHで送信される情報とノンプライマリBCHで送信される情報の関係のように、受信装置が第1の情報系列を正しく受信した後に、第2の情

50

報系列を受信するという構成をとる場合に、第２の情報系列の誤り率特性を向上させることができる送信装置及び受信装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１２】

本発明の送信装置の一つの態様は、第１の情報系列を符号化する第１の符号化器と、第１の情報系列と第２の情報系列とを接続した系列を符号化する第２の符号化器と、前記第１及び第２の符号化器によって得られた符号化系列を送信する送信部と、を具備する構成を採る。

【００１３】

この構成によれば、第２の符号化器によって、第１の情報系列と第２の情報系列とを接続した系列を符号化するようにしたことにより、第２の情報系列の符号長を長くすることができ、その分だけ第２の情報系列の復号時の符号化利得を大きくできるので、受信品質の確保が困難な第２の情報系列の誤り率特性を向上させることができる。

10

【００１４】

また、本発明の送信装置の一つの態様は、前記送信部は、前記第１の符号化器により得られる前記第１の情報系列の符号化系列と、前記第２の符号化器により得られる、前記第１の情報系列の符号化系列、前記第２の情報系列の符号化系列及びパリティ系列のうち、前記第１の情報系列の符号化系列を除く、前記第２の情報系列の符号化系列及び前記パリティ系列と、を送信する構成を採る。

【００１５】

20

この構成によれば、受信側で第１及び第２の符号化系列を復号できる最低限のデータを送信することができる。

【００１６】

また、本発明の受信装置の一つの態様は、第１の符号化系列を復号することで、第１の情報系列を得る第１の復号器と、前記第１の復号器により得られた前記第１の情報系列と、第２の符号化系列とを接続したデータを復号することで、第２の情報系列を得る第２の復号器と、を具備する構成を採る。

【００１７】

この構成によれば、本発明の送信装置により送信された第１及び第２の符号化系列から、符号化前の第１及び第２の情報系列を復号することができる。

30

【００１８】

また、本発明の符号化器の一つの態様は、第１の情報系列と第２の情報系列とを符号化する符号化器であって、前記第１の情報系列から第１のパリティ系列を生成し、また、前記第１の情報系列と前記第２の情報系列とから第２のパリティ系列を生成する構成を採る。

【００１９】

この構成によれば、第２の符号化器によって、第１の情報系列と第２の情報系列とを接続した系列を符号化するようにしたことにより、第２の情報系列の符号長を長くすることができ、その分だけ第２の情報系列の復号時の符号化利得を大きくできるので、第２の情報系列の誤り率特性を向上させることができる。

40

【発明の効果】

【００２０】

本発明によれば、受信品質を確保し易い第１の情報系列と受信品質の確保が困難な第２の情報系列を送信する場合に、受信品質の確保が困難な第２の情報系列の誤り率特性を向上させることができる送信装置及び受信装置を実現できる。また、受信装置が第１の情報系列を正しく受信した後に、第２の情報系列を受信するという構成をとる場合に、第２の情報系列の誤り率特性を向上させることができる送信装置及び受信装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２１】

50

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0022】

(実施の形態1)

本実施の形態では、Evolved UTRAにおけるノンプライマリBCHの受信品質の改善を行う基地局および移動端末について説明する。

【0023】

図1に、本発明の実施の形態1に係る送信装置の構成を示す。送信装置100は、基地局に設けられている。送信装置100は、プライマリBCHで情報系列 S_p を、ノンプライマリBCHで情報系列 S_n を、共通データチャネル(SDCH: Shared Data Channel)で情報系列 S_d を、送信するようになっている。プライマリBCHの情報系列 S_p は、基地局固有の情報、例えば使用帯域幅などの情報を含んでいる。ノンプライマリBCHの情報系列 S_n は、セクタや移動端末固有の情報などを含んでいる。SDCHの情報系列 S_d は、複数の移動端末への送信データを含んでいる。

10

【0024】

符号化器101は、プライマリBCHの情報系列 S_p を、所定の符号長及び符号化率で誤り訂正符号化処理し、符号化系列 C_p を出力する。ここで、符号化方式としてブロック符号である低密度パリティ検査(LDPC: Low-Density Parity-Check)符号やターボ符号を使うことができる。インタリーバ104は、符号化系列 C_p にインタリーブ処理を施す。変調器107は、インタリーブされた符号化系列 C_p にPSK(Phase Shift Keying)やQAM(Quadrature Amplitude Modulation)などのデジタル変調を行い、変調シンボル X_p を出力する。

20

【0025】

符号化器102は、プライマリBCHの情報系列 S_p とノンプライマリBCHの情報系列 S_n とを接続した系列 $S_c(=[S_p \ S_n])$ を、所定の符号長及び符号化率で誤り訂正符号化処理する。このようにすることで、情報系列 S_n のみで誤り訂正符号化処理を行う場合より、符号長を長くすることができる。このとき得られるパリティ系列を P_c とすると、符号化器102は、符号化系列 $C_n(=[S_n \ P_c])$ をインタリーバ105に出力し、情報系列 S_p の符号化系列 S_p' は破棄する。インタリーバ105は、符号化系列 C_n にインタリーブ処理を施す。変調器108は、インタリーブされた符号化系列 C_n にQPSK、QAMなどのデジタル変調を行い、変調シンボル X_n を出力する。

30

【0026】

符号化器103は、SDCHの情報系列 S_d を、所定の符号長及び符号化率で誤り訂正符号化処理し、符号化系列 C_d を出力する。インタリーバ106は、符号化系列 C_d にインタリーブ処理を施す。変調器109は、インタリーブされた符号化系列 C_d にQPSK、QAMなどのデジタル変調を行い、変調シンボル X_d を出力する。

【0027】

サブキャリアマッピング部110は、変調シンボル X_p 、 X_n 、 X_d をOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号のサブキャリアにマッピングする。マッピング方法の一例として、図47に示す構成を採ることができる。この場合、中央の1.25MHzの帯域に X_p をマッピングし、中央の1.25MHzの帯域を除いた5MHzの帯域に X_n をマッピングし、その他の帯域に X_d をマッピングする。なお、プライマリBCHとノンプライマリBCHを送信するのは、送信フレームの先頭のサブフレームのみであり、その他のサブフレーム送信時は、サブキャリアマッピング部110は全てのサブキャリアに X_d をマッピングする。

40

【0028】

IFFT処理部111は、サブキャリア信号にIFFTを施すことで、マルチキャリア変調を行う。ガード区間付加部112は、マルチキャリア変調信号の先頭に所定の長さのガード区間を付加する。送信部113は、ガード区間が付加されたマルチキャリア変調信号に、D/A変換、周波数変換、増幅などの信号送信処理を行い、処理後の信号を送信アンテナに供給する。

50

【 0 0 2 9 】

図 2 に、符号化器 1 0 2 の構成を示す。図 2 の符号化器 1 0 2 は、ビット接続部 1 0 2 - 1 と、LDPC 符号化器 1 0 2 - 2 と、符号語分離部 1 0 2 - 3 とを有する。符号化器 1 0 2 は、ビット接続部 1 0 2 - 1 にプライマリ BCH の情報系列 S_p とノンプライマリ BCH の情報系列 S_n を入力し、これらを接続した系列 $S_c (= [S_p \ S_n])$ を出力する。LDPC 符号化器 1 0 2 - 2 は、接続された系列 S_c を LDPC 符号化することで、接続された系列 S_c の符号化系列 S_c' と、パリティ系列 (パリティビット) P_c とを出力する。符号語分離部 1 0 2 - 3 は、入力データから、符号化系列 S_c' のうち、ノンプライマリ BCH の情報系列 S_n についての符号化系列 S_n' と、パリティ系列 (パリティビット) P_c を分離して、符号化系列 S_n' とパリティ系列 P_c のみを出力する。

10

【 0 0 3 0 】

すなわち、符号語分離部 1 0 2 - 3 は、LDPC 符号化器 1 0 2 - 2 により得られた、プライマリ BCH の符号化系列 S_p' 、ノンプライマリ BCH の符号化系列 S_n' 及びパリティ系列 P_c のうち、プライマリ BCH の符号化系列 S_p' を出力せずに、ノンプライマリ BCH の符号化系列 S_n' 及びパリティ系列 P_c を符号化系列 C_n として出力する。

【 0 0 3 1 】

このように、符号化器 1 0 2 は、ノンプライマリ BCH の情報系列 S_n を単独で符号化せずに、プライマリ BCH の情報系列 S_p とノンプライマリ BCH の情報系列 S_n とを接続した情報系列 S_c を符号化し、ノンプライマリ BCH の符号化系列 S_n' 及びパリティ系列 P_c からなる符号化系列 C_n を得るようにしたので、情報系列 S_n のみで誤り訂正符号化処理を行った場合と比較して、ノンプライマリ BCH についての符号長を長くすることができる。この結果、ノンプライマリ BCH の情報系列 S_p についての誤り率特性を向上させることができる。

20

【 0 0 3 2 】

図 3 に、符号化器 1 0 2 の別の構成例を示す。図 3 の符号化器 1 0 2 は、図 2 の構成と比較して、ビット接続部 1 0 2 - 1 と LDPC 符号化器 1 0 2 - 2 との間にインタリーブ部 1 0 2 - 4 が設けられていると共に、LDPC 符号化器 1 0 2 - 2 と符号語分離部 1 0 2 - 3 との間にデインタリーブ部 1 0 2 - 5 が設けられている。すなわち、LDPC 符号化器 1 0 2 - 2 は、インタリーブ後の接続系列 S_{cI} を LDPC 符号化する。デインタリーブ部 1 0 2 - 5 は、符号化系列 S_{cI}' とパリティビット P_c のうち符号化系列 S_{cI}' のみをデインタリーブ処理し、符号化系列 S_c' とパリティビット P_c を出力する。このように、図 3 の構成においては、インタリーブ後の接続系列 S_{cI} を LDPC 符号化するので、ノンプライマリ BCH の情報系列 S_n のデータの並び等に起因する誤り訂正能力の低下を抑制でき、ノンプライマリ BCH の情報系列 S_p についての誤り率特性を一段と向上させることができる。

30

【 0 0 3 3 】

図 4 に、本発明の実施の形態 1 に係る受信装置の構成を示す。受信装置 2 0 0 は、移動端末に設けられている。受信装置 2 0 0 は、受信アンテナによって、送信装置 (基地局) 1 0 0 から送信された信号を受信する。受信部 2 0 1 は、受信信号に対し、周波数変換、増幅、A/D 変換、周波数・時間同期などの受信信号処理を行う。ガード区間除去部 2 0 2 は、受信した各 OFDM シンボルの先頭に付加されているガード区間を除去する。FFT 処理部 2 0 3 は、ガード区間除去後の信号を FFT することで、サブキャリア信号を抽出する。

40

【 0 0 3 4 】

サブキャリアデマッピング部 2 0 4 は、事前に決められたサブキャリアにマッピングされているプライマリ BCH の受信シンボル X_{pr} を抽出し、これを復調器 2 0 5 に出力する。復調器 2 0 5 は、受信シンボル X_{pr} を復調し、これをデインタリーバ 2 0 8 に出力する。デインタリーバ 2 0 8 からは、プライマリ BCH の符号化系列 C_{pr} が出力される。復号器 2 1 1 は、所定の符号長及び符号化率で符号化されている符号化系列 C_{pr} を復号することで、プライマリ BCH の情報系列 S_{pr} を得る。

50

【 0 0 3 5 】

受信装置（移動端末）200は、使用帯域・マッピング情報抽出部220によって、プライマリBCHの情報Sprに含まれ、送信装置（基地局）100が使用している周波数帯域幅及びノンプライマリBCHがマッピングされている周波数帯域の情報を抽出し、これらの情報をサブキャリアデマッピング部204に送出する。サブキャリアデマッピング部204は、使用帯域・マッピング情報に基づいて、所定のサブキャリアに割り当てられているノンプライマリBCHのシンボルXnr及びSDCHのシンボルXdrを抽出し、これらのシンボルXnr、Xdrをそれぞれ復調器206、207に送出する。

【 0 0 3 6 】

ここで、復号器211で復号されたプライマリBCHの情報系列Sprに誤りがある場合、受信装置200は、使用帯域・マッピング情報を読み取れないので、次の送信フレームのプライマリBCHを受信するまで受信処理を停止する。

10

【 0 0 3 7 】

復調器206は、ノンプライマリBCHの受信シンボルXnrを復調し、これをデインタリーバ209に出力する。デインタリーバ209からは、ノンプライマリBCHの符号化系列Cnrが出力される。

【 0 0 3 8 】

復号器212は、ノンプライマリBCHの符号化系列Cnrと、復号したプライマリBCHの情報系列Sprとを用いて、ノンプライマリBCHの情報系列Snrを得ようになっている。実際には、復号器212は、ノンプライマリBCHの符号化系列Cnrと、復号したプライマリBCHの情報系列Sprとを接続させ、この接続された系列Cc（＝[Spr Cnr]）の復号を行うことで、ノンプライマリBCHの情報系列Snrを得ようになっている。

20

【 0 0 3 9 】

図5に、復号器212の構成を示す。図5の構成は、送信側で符号化方式としてLDPC符号化を行っているので、誤り訂正符号化方式にLDPC符号を用いた場合の例である。復号器212は、Hsp記憶部214、Hn記憶部215、乗算器216、LDPC復号器217で構成される。

【 0 0 4 0 】

以下では、例を挙げて復号器212の動作を説明する。図6（a）で示される検査行列を用いた場合を考える。この検査行列は、符号長12、符号化率2/3のLDPC符号を定義する。検査行列のうち、Sp、Sn、Pcに対応する部分の部分行列を、それぞれHsp（図6（b））、Hsn、Hpcと定義する。またHn＝[Hsn Hpc]（図6（c））とする。Hsp記憶部214には、部分行列Hspが記憶されている。またHn記憶部215には、部分行列Hnが記憶されている。

30

【 0 0 4 1 】

乗算器216は、復号器211で復号されたプライマリBCHの情報系列SprとHsp記憶部214に記憶されている部分行列Hspの行列乗算を行う。ここで、Sprを（s1、s2、s3、s4）とすると、乗算結果Ep＝（e1、e2、e3、e4）は、次の式（1）で表される

40

【 数 1 】

$$E_p = H_{sp} \times S_{pr}$$

$$= \begin{pmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \\ e4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s1 \\ s2 \\ s3 \\ s4 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (1)$$

【 0 0 4 2 】

さらに、乗算器216は、“0”と“1”で表されるEpの各要素を、“1”と“-1”

50

”で表されるシンボルに変換する。その後、乗算器216は、乗算結果 E_p をLDPC復号器217に送出する。LDPC復号器217は、乗算部216の乗算結果 E_p とデインタリーバ209から送られてきた符号化系列 C_{nr} 、 H_n 記憶部215に記憶されている部分行列 H_n を用いてLDPC復号処理を行う。

【0043】

LDPC復号器217で行うLDPC復号アルゴリズムを以下に記述する。LDPC復号器217は、 \min - \sum 復号に基づくLDPC復号を行う。ここで、部分行列 H_n は、2元($K \times J$)行列であり、LDPC符号の検査行列である。図6の例では、 $K = 4$ 、 $J = 8$ である。ここで、検査行列 H_n の k 行 j 列目の要素 H_{kj} と表記する。集合 $[1, J]$ の部分集合 $A(k)$ 、 $B(j)$ を、次の式(2)のように定義する。

10

【数2】

$$\begin{aligned} A(k) &\equiv \{j : H_{kj} = 1\} \\ B(j) &\equiv \{k : H_{kj} = 1\} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2)$$

【0044】

すなわち、 $A(k)$ は検査行列 H の k 行目において、要素が“1”の列インデックスの集合を表し、 $B(j)$ は検査行列 H の j 列目において、要素が“1”の行インデックスの集合を示す。また、集合 $A(k)$ から要素 j を除いた、残りの要素 j' を、 $j' \in A(k) \setminus j$ と表す。同様に、集合 $B(j)$ から要素 k を除いた、残りの要素 k' を、 $k' \in B(j) \setminus k$ と表す。

20

【0045】

ステップ1(初期化) : $H_{kj} = 1$ を満たす全ての組(k, j)に対して、対数事前値比 $\lambda_{kj} = 0$ とする。また、反復回数のカウンタとする変数を $q = 1$ とし、最大反復回数を Q に設定する。

【0046】

ステップ2(行処理) : $k = 1, 2, \dots, K$ の順に $H_{kj} = 1$ を満たす全ての組(k, j)に対して、次の更新の式(3)を利用して対数外部比 λ_{kj} を更新する。

【数3】

$$\alpha_{kj} = \left(\prod_{j' \in A(k) \setminus j} \text{sign}(\lambda_{j'} + \beta_{kj'}) \right) \min_{j' \in A(k) \setminus j} |\lambda_{j'} + \beta_{kj'}| \cdot \text{sign}(e_k) \quad \dots\dots\dots (3)$$

30

なお、式(3)における、 j はノンプライマリBCHの符号化系列 C_n に相当し、(c_1, \dots, c_j)は受信されたノンプライマリBCHの符号化系列 C_{nr} に相当する。

【0047】

ステップ3(列処理) : $j = 1, 2, \dots, J$ の順に、 $H_{kj} = 1$ を満たす全ての組(k, j)に対して、次の更新の式(4)を利用して λ_{kj} を更新する。

【数4】

$$\beta_{kj} = \sum_{k' \in B(j) \setminus k} \alpha_{k'j} \quad \dots\dots\dots (4)$$

【0048】

40

ステップ4(事後確率の計算) : \min - \sum 復号後のLLRが、次の式(5)として与えられる。

【数5】

$$\Lambda_j = \lambda_j + \sum_{k \in B(j)} \alpha_{kj} \quad \dots\dots\dots (5)$$

【0049】

ステップ5(一時推定後の計算) : $j \in [1, J]$ について、次の式(6)を計算する。

【数 6】

$$\hat{c}_j = \begin{cases} 0 & \text{sign}(\Lambda_j) = 1 \text{ のとき} \\ 1 & \text{sign}(\Lambda_j) = -1 \text{ のとき} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (6)$$

【0050】

ステップ6（パリティ検査）：一時推定語が符号語になっているかどうかを検査する。もし、 (c_1, \dots, c_J) が、次の式（7）を満たせば、 (c_1, \dots, c_J) を推定語として出力し、アルゴリズムを終了する。

【数 7】

$$(\hat{c}_1, \dots, \hat{c}_J) H^T = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

10

【0051】

ステップ7（反復回数のカウント）：もし、 $q < Q$ ならば、 q をインクリメントしてステップ2に戻る。 $q = Q$ ならば、 (c_1, \dots, c_J) を推定語として出力し、アルゴリズムを終了する。

【0052】

ここで、LDPC復号器217は、ステップ2において式（3）を実行することが、従来のmin-sum復号と異なる。式（3）において $\text{sign}(e_k)$ を乗ずることにより、検査行列Hで定義されるLDPC符号の復号を、部分行列Hnと乗算結果Epだけで、実現することができる。これは、本実施の形態では、受信したプライマリBCHの情報系列Sprに誤りがない故に実現できる処理である。

20

【0053】

復号器212は、復号により得た情報系列 $(=[Snr \ Pcr])$ を、ノンプライマリBCHの情報系列SnrとパリティビットPcrとに分割し、ノンプライマリBCHの情報系列Snrのみを出力する。

【0054】

復調器207は、SDCHの受信シンボルXdrを復調し、これをデインタリーバ210に出力する。デインタリーバ210からは、SDCHの符号化系列Cdrが出力される。復号器213は、所定の符号長及び符号化率で符号化されている符号化系列Cdrを復号することで、SDCHの情報系列Sdrを得る。

30

【0055】

上述したように、本実施の形態によれば、送信装置（基地局）100によって、ノンプライマリBCHの情報系列Snを、プライマリBCHの情報系列Spも含めた長い符号長で符号化し、受信装置（移動端末）200によって、受信したプライマリBCHの値を使って、長い符号長でノンプライマリBCHの情報系列Snrを復号した。

【0056】

これにより、ノンプライマリBCHだけで符号化するよりも、高い符号化利得を得ることができ、ノンプライマリBCHの受信特性を改善できる。すなわち、干渉が存在する環境下での耐干渉性を向上するという目的を達成できる。さらに、通常、符号長を長くする場合には、追加の情報ビットが必要となるが、本発明では、追加の情報ビットとして既知のプライマリBCHを用いているので、送信するノンプライマリBCHの情報ビット数を増減させることなく符号長を長くできる。

40

【0057】

また、受信装置（移動端末）200は、まず、プライマリBCHの情報系列を受信・復号し、送信装置（基地局）100が使用している帯域幅などの情報を得た後に、ノンプライマリBCHの情報系列の受信・復号を行うので、ノンプライマリBCHの復号時には、正しいプライマリBCHの情報系列を使用できる。そのため、プライマリBCHも含めた符号長で符号化したノンプライマリBCHに対応する符号語Cnrの復号を、ノンプライマリBCHだけの短い符号長の復号器212で実現できる。このようにすることで、受信装置（移動端末）200は、長い符号長に対応した復号器を備える必要がなくなるので、

50

回路規模の削減、新規ハードウェア開発コストの削減が可能となる。

【 0 0 5 8 】

なお、本実施の形態では、図 4 7 に示すチャネル構成を採ったが、異なる構成を採った場合でも、本発明を適用することができる。例えば、プライマリ B C H とノンプライマリ B C H の送信帯域が離れている場合でも、図 1 におけるサブキャリアマッピング部 1 1 0 のマッピングパターン、及び、図 4 におけるサブキャリアデマッピング部 2 0 4 のデマッピングパターンを変更すれば、本実施の形態の送信装置 1 0 0 および受信装置 2 0 0 を適用できる。

【 0 0 5 9 】

なお、本実施の形態では、送信装置 1 0 0、受信装置 2 0 0 とともに一つの送信・受信アンテナを備えるという構成を例に説明したが、本発明は、それぞれ複数のアンテナを備える多入力多出力 (M I M O) システムに適用することもできる。この場合、ノンプライマリ B C H は、セクタ間の干渉だけでなく、異なる空間多重ストリームからの干渉も抑えるため、本発明によって符号化利得を向上することは一層効果的である。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施の形態ではノンプライマリ B C H の情報系列 S_n の符号化時に、プライマリ B C H の情報系列 S_p とノンプライマリ B C H の情報系列 S_n を接続した情報系列 S_c で符号化するという構成を採ったが、接続した情報系列 S_c の系列長が情報系列長と異なってもゼロパディング又はパンクチャなどの操作を行うことで、符号長を長くして符号化することができる。

【 0 0 6 1 】

例えば、接続した情報系列 S_c の系列長が、所定の符号長の情報系列長に満たない場合、ゼロ系列をパディングして符号化処理を行ってもよい。この場合、パディングしたゼロ系列は送信せず、受信装置 2 0 0 での復号時に再びゼロ系列をパディングして復号する。また、接続した情報系列 S_c の系列長が、所定の符号長の情報系列長より長い場合は、プライマリ B C H の情報系列 S_p の情報系列の一部を削除 (パンクチャ) することで、接続した情報系列 S_c の系列長を所定の符号長の情報系列長にあわせる。このとき、パンクチャする規則を送信装置 1 0 0 と受信装置 2 0 0 とで共有しておけば、受信装置 2 0 0 は、ノンプライマリ B C H の情報系列 S_n の復号時に、同じ規則でプライマリ B C H の情報系列 S_p をパンクチャし、復号に利用できる。このときの規則として例えば、以下の規則等を使うことができる。

【 0 0 6 2 】

- ・ S_p の先頭から L ビットパンクチャする (L は所定の符号長の情報系列長を超えるビットの数)
- ・ S_p の最後尾から L ビットパンクチャする
- ・ S_p の情報系列長 K_p を L で割った数を M とすると、 M ビットおきにパンクチャする

【 0 0 6 3 】

(実施の形態 2)

本実施の形態は、地上デジタル放送などで用いられている階層伝送方式に、本発明を適用したものである。以下では、地上デジタル音声放送で用いられている階層伝送方式を例に、本実施の形態を説明する。

【 0 0 6 4 】

図 7 は、地上デジタル音声放送における階層伝送方式のイメージを表す図である。図 7 の例では、データ階層は 2 階層であり、3 セグメント同時に送信される。3 セグメント形式では、中央部の 1 つの OFDM セグメントと他の二つの OFDM セグメントとで、伝送特性の異なる 2 つの階層を同時に伝送する階層伝送が可能である。各階層は、階層毎にキャリア変調方式、内符号の符号化率、及び時間インタリーブ長などのパラメータを指定することが可能である。なお、中央部の OFDM セグメントについては、周波数インタリーブをそのセグメント内のみで行うことで、1 セグメント形式の信号のみを受信する受信機を用いて、サービスの一部を受信することを可能にしている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

図 8 に、階層伝送を行う送信装置の構成を示す。送信装置 3 0 0 は、基地局に設けられている。TS 再多重部 3 0 1 は、1 セグメント放送の TS (Transport Stream) および 3 セグメント放送の TS を多重する。外符号化器 3 0 2 は、多重された TS を、誤り訂正符号化する。階層分割部 3 0 3 は、外符号化された系列を再び、1 セグメント放送の TS と 3 セグメント放送の TS に分割し、1 セグメント放送の TS を階層信号処理部 3 0 4 - 1 に、3 セグメント放送の TS を階層信号処理部 3 0 4 - 2 にそれぞれ送出する。

【 0 0 6 6 】

階層信号処理部 3 0 4 - 1、3 0 4 - 2 はそれぞれ、入力された 1 セグメント放送の TS、3 セグメント放送の TS に対し、エネルギー拡散処理、遅延補正及びバイトインタリーブなどの処理を行う。

10

【 0 0 6 7 】

内符号化器 3 0 5 は、階層処理された 1 セグメント放送の TS (S 1) を入力し、これを誤り訂正符号化し、符号化系列 D 1 を出力する。

【 0 0 6 8 】

内符号化器 3 0 6 は、3 セグメント放送の TS の符号化を行う際に、1 セグメント放送の TS も利用して符号化を行う。

【 0 0 6 9 】

図 9 に、内符号化器 3 0 6 の構成を示す。内符号化器 3 0 6 は、ビット接続部 3 0 6 - 1 と、内符号化部 3 0 6 - 2 と、符号語分離部 3 0 6 - 3 とを有する。内符号化器 3 0 6 は、ビット接続部 3 0 6 - 1 に 3 セグメント放送の TS (S 3) 及び 1 セグメント放送の TS (S 1) を入力し、これらを接続した系列を出力する。内符号化部 3 0 6 - 2 は、接続された系列を内符号化することで、3 セグメント放送の符号化系列 S 3'、1 セグメント放送の符号化系列 S 1' 及びパリティ系列 (パリティビット) P n からなる符号化系列 D 3 を出力する。符号語分離部 3 0 6 - 3 は、内符号化部 3 0 6 - 2 により得られた、3 セグメント放送の符号化系列 S 3'、1 セグメント放送の符号化系列 S 1' 及びパリティ系列 (パリティビット) P n のうち、1 セグメント放送の符号化系列 S 1' を出力せず、3 セグメント放送の符号化系列 S 3' 及びパリティ系列 (パリティビット) P n を符号化系列 D 2 として出力する。

20

【 0 0 7 0 】

具体的に説明する。ここで、1 セグメントの放送 TS の一部分である長さ K 1 の情報系列を S 1、3 セグメント放送の TS の一部分である長さ K 3 の情報系列を S 3 とする。内符号化部 3 0 6 - 2 はブロック符号化を行う。このとき使用できるブロック符号化方式の例として、LDPC 符号が挙げられる。内符号化部 3 0 6 - 2 により得られる符号化系列 D 3 は、次の式 (8) のように表される。

30

【 数 8 】

$$D 3 = [S 1' \quad S 3' \quad P n] \quad \cdots \cdots (8)$$

【 0 0 7 1 】

このうち、符号化系列 S 1 は、3 セグメント放送の TS の送信には必要ない情報なので符号語分離部 3 0 6 - 3 によって破棄し、内符号化器 3 0 6 は符号化系列 D 2 = [S 3' P n] を送信する。

40

【 0 0 7 2 】

このようにすることで、内符号化器 3 0 6 は、情報系列 S 3 だけを用いて符号化を行う場合より、情報系列 S 3 を長い符号長で符号化をすることができる。この結果、受信時の符号化利得が増大し、3 セグメント放送の TS の受信品質 (誤り率特性) が向上する。

【 0 0 7 3 】

特に、地上波デジタル放送において、階層伝送を行う場合、上位階層でビットレートの高い情報 (例えばハイビジョン映像) を送信するため、上位階層では、下位階層に比べて 6 4 QAM などの変調度は高いが、誤り易い変調方式が使われる。本発明を用いれば、上位階層の符号化利得を増大し、誤りに対して耐性を持たせることができ、高品質伝送を提

50

供できる。

【 0 0 7 4 】

図 1 0 に、内符号化器 3 0 6 の別の構成例を示す。図 1 0 の内符号化器 3 0 6 は、図 9 の構成と比較して、ビット接続部 3 0 6 - 1 と内符号化部 3 0 6 - 2 との間にインタリーブ部 3 0 6 - 4 が設けられていると共に、内符号化部 3 0 6 - 2 と符号語分離部 3 0 6 - 3 との間にデインタリーブ部 3 0 6 - 5 が設けられている。すなわち、内符号化部 3 0 6 - 2 は、インタリーブ後の接続系列 S_I を符号化する。デインタリーブ部 3 0 6 - 5 は、符号化系列 S_1' 、 S_3' とパリティビット P_n のうち符号化系列 S_1' 、 S_3' のみをデインタリーブ処理する。

【 0 0 7 5 】

図 8 に戻って送信装置 3 0 0 の全体構成について説明を続ける。

【 0 0 7 6 】

キャリア変調部 3 0 7 - 1、3 0 7 - 2 はそれぞれ、符号化系列 D_1 、 D_2 をビットインタリーブした後、PSK、QAM など階層に応じたデジタル変調方式で変調する。階層合成部 3 0 8 は、1 セグメント放送の TS と 3 セグメント放送の TS を合成する。

【 0 0 7 7 】

インタリーバ 3 0 9 は、合成されたシンボル系列に対し、時間・周波数インタリーブを施す。OFDM セグメントフレーム構成部 3 1 0 は、インタリーブされたシンボル系列を OFDM セグメントフレームに割り当てる。

【 0 0 7 8 】

IFFT 部 3 1 1 は、IFFT 処理を行うことで、OFDM 変調を行う。ガード区間付加部 3 1 2 は、所定の長さのガード区間を各 OFDM シンボルの先頭に付加する。送信部 3 1 3 は、ガード区間が付加されたマルチキャリア変調信号に、D/A 変換、周波数変換、増幅などの信号送信処理を行い、送信処理後の信号を送信アンテナに供給する。

【 0 0 7 9 】

上述したように、本実施の形態によれば、上位階層の情報系列 S_3 を下位階層の情報系列 S_1 も含めた長い符号長で符号化したことにより、上位階層だけで符号化するよりも高い符号化利得を得ることができ、上位階層の受信特性を改善できる。さらに、通常、符号長を長くする場合には、追加の情報ビットが必要となるが、本実施の形態では、追加の情報ビットとして既知の下位階層のビットを用いているので、送信する上位階層の情報ビット数を増減させることなく符号長を長くできる。

【 0 0 8 0 】

なお、本実施の形態では地上デジタル音声放送における 3 セグ放送を例として説明したが、例えば 1 3 セグ放送等、階層伝送を行う伝送方式に広く適用することができる。

【 0 0 8 1 】

また、本実施の形態では、データ階層数を 2 として説明したが、階層数は 3 以上であってもよい。要は、上位の階層の情報系列の符号化時に、それより下位の階層の情報系列と接続した後に符号化すればよい。これにより、符号長を長くとることができ、復号時の符号化利得を向上できる。

【 0 0 8 2 】

(実施の形態 3)

本実施の形態は、本発明による複数の情報系列を接続して符号化するという原理を、ハイブリット ARQ (Automatic Repeat reQuest) に適用したものである。本実施の形態では、誤った誤り訂正符号化ブロックの再送時に、複数の誤り訂正符号化ブロックを組み合わせることで、前回の送信時より長い符号長で再送する誤り訂正符号語ブロックを構成し、そのパリティ部分のみ送信する。

【 0 0 8 3 】

図 1 1 に、本実施の形態の送信装置の構成を示す。

【 0 0 8 4 】

送信装置 4 0 0 は、送信データ信号を、送信データ信号記憶器 4 0 1 と送信データ信号

10

20

30

40

50

選択部 402 に入力する。送信データ信号記憶器 401 は、入力された送信データ信号を記憶する。

【0085】

送信データ信号選択部 402 は、初回の送信時には、新たに入力された送信データ信号を誤り訂正・検出符号化器 403 に送出し、再送時には、送信データ信号記憶器 401 に記憶されている送信データを誤り訂正・検出符号化器 403 に送出する。

【0086】

ここで、誤り訂正・検出符号化器 403 は、J 種類 (N_1 、 N_2 、 \dots 、 N_J 但し、 $N_1 < N_2 < \dots < N_J$) の長さの誤り訂正符号語ブロック及び I 種類 (R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_I 但し、 $R_1 < R_2 < \dots < R_I$) の符号化率の符号化に対応可能に構成されている。誤り訂正・検出符号化器 403 は、データ信号に対し、所定の符号長 N_j ・符号化率 R_i で誤り訂正及び誤り検出符号化を行う。このときの符号化方式として、例えば、LDPC 符号化、畳み込み符号化又はターボ符号化された符号語に、CRC (Cyclic Redundancy Check) などの誤り検出用のパリティビットを付与する符号化方法などを利用することができる。特に、LDPC 符号は、その符号の構成から誤り訂正符号化と誤り検出符号化を同時に実施することができるため、本実施の形態では LDPC 符号を使った構成を例にとって説明する。

【0087】

誤り訂正・検出符号化器 403 は、まず、送信データ S_i ($i = 1, 2, \dots, N_s$) を K_i ビットずつ N_B 個のブロックに分割する。以降、このブロックを誤り訂正符号語ブロックと呼ぶ。なお、 N_s / N_B が整数にならない場合は、 S_i の後に適当なビットを追加して N_s / N_B が整数になるように送信ビット数を調整する。次に、誤り訂正・検出符号化器 403 は、誤り訂正符号語ブロックごとに LDPC 符号化を行う。ここで、LDPC 符号化は、 N_j ビットからなる誤り訂正符号語ブロックを C 、 $M_j \times N_j$ サイズの LDPC 符号の検査行列を H_1 とすると、次の式 (9) を満たす任意の方法で行われる。

【数 9】

$$H_1 C = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

【0088】

図 12 に、本実施の形態による誤り訂正・検出符号化器 403 の構成を示す。誤り訂正・検出符号化器 403 は、送信データ信号選択部 402 から出力されたデータ D_1 、 D_2 を切り替え器 403-1 に入力する。切り替え器 403-1 は、再送要求信号が再送を要求しないものであった場合には、初回送信データ D_1 、 D_2 を誤り訂正・検出符号化部 403-2 に送出する。これに対して、切り替え器 403-1 は、再送要求信号が再送を要求するものであった場合には、送信データ信号記憶器 401 に記憶されていた再送データ D_1 、 D_2 をビット接続部 403-3 に送出する。

【0089】

ビット接続部 403-3 は、再送データ D_1 、 D_2 を接続したデータ D_3 を形成し、これを誤り訂正・検出符号化部 403-4 に送出する。

【0090】

誤り訂正・検出符号化部 403-2 は、初回送信データ D_1 、 D_2 をそれぞれ、符号長 N_i で符号化することで、符号化データ $C_1 = [D_1 \quad P_1]$ 、 $C_2 = [D_2 \quad P_2]$ を形成し、これらを切り替え器 403-6 に送出する。ここで、 P_1 、 P_2 は符号化によって得られたパリティビットを表す。

【0091】

誤り訂正・検出符号化部 403-4 は、再送データ D_1 、 D_2 が接続された再送データ D_3 を、初回送信時の符号長 N_i よりも長い符号長 N_k で符号化することで、符号化データ $C_3 = [D_3 \quad P_3]$ ($= [D_1 \quad D_2 \quad P_3]$) を形成し、これらを符号語分離部 403-5 に送出する。ここで、 P_3 は符号化によって得られたパリティビットを表す。

【0092】

符号語分離部 403-5 は、入力した符号化データ C_3 からパリティビット P_3 を分離

10

20

30

40

50

し、パリティビット P 3 のみを出力する。

【 0 0 9 3 】

切り替え器 4 0 3 - 6 は、再送要求信号が再送を要求しないものであった場合には、誤り訂正・検出符号化部 4 0 3 - 2 からの符号化データ C 1、C 2 を選択して出力する。これに対して、切り替え器 4 0 3 - 6 は、再送要求信号が再送を要求するものであった場合には、符号語分離部 4 0 3 - 5 からのパリティビット P 3 を選択して出力する。

【 0 0 9 4 】

このように、誤り訂正・検出符号化器 4 0 3 は、誤った誤り訂正符号化ブロックの再送時に、複数の誤り訂正符号化ブロックを組み合わせることで、前回の送信時より長い符号長で再送する誤り訂正符号語ブロックを構成し、そのパリティ部分のみ出力するようになっている。

10

【 0 0 9 5 】

送信データ信号生成器 4 0 4 は、誤り訂正・検出符号化器 4 0 3 からの出力信号に所定の変調処理を施すことで送信データ信号を生成し、これを信号送信部 4 0 6 に送出する。制御信号生成部 4 0 5 は、LDPC 符号の符号長・符号化率、誤り訂正符号語ブロック数 N_B 、各誤り訂正符号後ブロックが再送であるか初回送信であることを示す再送フラグ、変調方式、同期・チャネル推定用のプリアンブル信号などから構成される制御信号を生成し、これを信号送信部 4 0 6 に送信する。信号送信部 4 0 6 は、制御信号とデータ信号を送信フレーム中の所定位置に配置し、さらにそれを無線信号に変換することで送信信号を生成し、それをアンテナから送信する。

20

【 0 0 9 6 】

また、送信装置 4 0 0 は、信号受信部 4 0 7 によって、後述する図 1 3 の受信装置 5 0 0 から送信された再送要求信号を受信する。再送要求信号デコード部 4 0 8 は、受信された再送要求信号に所定の復調・復号処理を施し、再送要求信号に含まれる誤り検査結果を復元し、この誤り検出結果（図では再送要求信号と記した）を送信データ信号選択部 4 0 2 及び誤り訂正・検出符号化器 4 0 3 に送出する。

【 0 0 9 7 】

図 1 3 に、送信装置 4 0 0 から送信された信号を受信する受信装置の構成を示す。受信装置 5 0 0 は、アンテナで受信した信号をデータ信号受信部 5 0 1 及び制御信号受信部 5 0 2 に入力する。

30

【 0 0 9 8 】

制御信号受信部 5 0 2 は、パケットの先頭、中間又は最後に位置する制御信号ブロックの復調及びデコードを行う。ここで、制御信号には、誤り訂正符号語ブロックのブロック数 N_B や再送フラグ、誤り訂正符号語の符号長、符号化率が含まれている。制御信号受信部 5 0 2 は、誤り訂正符号語ブロックのブロック数 N_B を、誤り検出結果記憶器 5 0 5 に送出する。また、制御信号受信部 5 0 2 は、再送フラグを誤り訂正復号器 5 0 3 に送信する。なお、制御信号には、受信信号の変調方式や同期・チャネル推定用のプリアンブル信号も含まれているが、本発明とは直接関係しないので、その説明は省略する。

【 0 0 9 9 】

データ信号受信部 5 0 1 は、初回送信信号の受信時には、 N_B 個の誤り訂正符号語ブロックで構成されるデータ信号の受信を行う。また、データ信号受信部 5 0 1 は、再送信号の受信時には、 N_P 個のパリティブロックで構成されたデータ信号の受信を行う。データ信号受信部 5 0 1 は、受信したデータ信号を誤り訂正復号器 5 0 3 に送出する。また、データ信号受信部 5 0 1 は、再送時の処理に使うため、受信したデータ信号を復調信号記憶器 5 0 6 に送出する。復調信号記憶器 5 0 6 は対応する誤り訂正符号語ブロックごとにデータ信号を記憶する。

40

【 0 1 0 0 】

誤り訂正復号器 5 0 3 は、先頭の誤り訂正符号語ブロックから順に、誤り訂正復号処理を行う。誤り訂正復号器 5 0 3 は、再送フラグに基づき、復号する誤り訂正符号語ブロックが、初回送信のブロックであれば受信データのみを使って誤り訂正復号処理を行う。こ

50

れに対して、誤り訂正復号器 503 は、復号する誤り訂正符号語ブロックが、再送ブロックであれば、復調信号記憶器 506 に記憶されている前回送信時の受信データと今回受信した受信データを利用して誤り訂正復号処理を行う。なお、初回送信の場合、再送フラグは全ての誤り訂正符号語ブロックで初回送信を示すので、受信データのみを使って誤り訂正復号処理を行う。

【0101】

図 14 に、本実施の形態による誤り訂正復号器 503 の構成を示す。誤り訂正復号器 503 は、データ信号受信部 501 から出力されたデータ信号を切り替え器 503-1 に入力する。切り替え器 503-1 は、再送フラグに基づき、再送フラグが再送でないことを示す場合には、データ信号すなわち初回送信の符号化データ $C1' = [D1' \quad P1']$ 、 $C2' = [D2' \quad P2']$ を、誤り訂正復号部 503-2 に送出する。

10

【0102】

これに対して、切り替え器 503-1 は、再送フラグが再送であることを示す場合には、データ信号すなわち再送により伝送されたパリティビット $P3'$ を受信語接続部 503-3 に送出する。

【0103】

受信語接続部 503-3 は、パリティビット $P3'$ に、復調信号記憶器 506 に記憶されている前回の受信時の受信データすなわち符号化データ $D1'$ 、 $D2'$ を、次の式 (10) のように接続し、接続した符号語 Ck を続く誤り訂正復号部 503-4 に送出する。

【数 10】

$$Ck = [D1' \quad D2' \quad P3] \quad \dots\dots\dots (10)$$

20

【0104】

誤り訂正復号部 503-4 は、接続された長さ Nk の符号語 Ck を、誤り訂正復号部 503-2 の符号長 Ni よりも長い符号長 Nk で誤り訂正復号する。

【0105】

切り替え器 503-5 は、再送フラグが再送でないことを示す場合には、誤り訂正復号部 503-2 の復号結果を出力し、再送フラグが再送であることを示す場合には、誤り訂正復号部 503-2 の復号結果を出力する。

【0106】

30

誤り訂正復号器 503 は、誤り訂正復号を施した受信データを誤り検出器 504 と受信データ照合部 509 に送出する。その後、誤り訂正復号器 503 は、次の誤り訂正符号語ブロックの誤り訂正復号処理を行う。

【0107】

誤り検出器 504 は、誤り訂正復号された誤り訂正符号語ブロックの誤り検出を行う。LDPC 符号の場合、誤り検出は、前述した検査行列 $H1$ と、復号した誤り訂正符号語ブロック C' が、次の式 (11) を満たすかどうかで検出する。

【数 11】

$$H_1 C' = 0 \quad \dots\dots\dots (11)$$

40

【0108】

復号した誤り訂正符号語ブロック C' に誤りがある場合、式 (11) の右辺はゼロベクトルにならない。誤り検出器 504 は、誤り検出結果を符号化したものを誤り検出結果記憶器 505 に送信し、次の誤り訂正符号語ブロックの誤り検出を行う。ここで、誤り検出結果の符号化の一例として、誤りがない場合「0」を、誤りがある場合「1」を送信するといった方法を利用できる。

【0109】

誤り検出結果記憶器 505 は、 N_B 個の記憶アドレスを持ち、誤り検出器 504 から出力される誤り訂正符号語ブロックごとの誤り検出結果を逐次記憶する。誤り検出結果記憶器 505 は、 n_B 番目の記憶アドレスに n_B 番目の誤り訂正符号語ブロックの誤り検出結

50

果を記憶する。

【 0 1 1 0 】

N_B 個の誤り訂正符号語ブロック全ての誤り検出が終了し、全ての検出結果が「 0 」である場合の動作を説明する。

【 0 1 1 1 】

この場合、誤り検出結果記憶器 5 0 5 は、復調信号記憶器 5 0 6 に蓄えられている誤り訂正符号語ブロックごとの受信データの、消去を指示する記憶データ制御信号を送信する。復調信号記憶器 5 0 6 は、誤り検出結果記憶器 5 0 5 から出力される記憶データ制御信号に基づいて、記憶してある受信データの消去を行う。

【 0 1 1 2 】

また、誤り検出結果記憶器 5 0 5 は、誤り検出結果を受信データ照合部 5 0 9 に送出する。受信データ照合部 5 0 9 は、受信データと誤り検出結果を照合し、誤りがない誤り訂正符号語ブロックに対応する受信データを後段に送出する。なお、この場合、全ての検出結果が「 0 」であるので、全ての受信データを送出する。

【 0 1 1 3 】

次に、誤り検出結果が「 1 」である誤り訂正符号語ブロックが送信されてきた場合の動作を説明する。

【 0 1 1 4 】

この場合、誤り検出結果記憶器 5 0 5 は、誤り検出結果が「 1 」である誤り訂正符号語ブロックを検出したら、復調信号記憶器 5 0 6 に、誤り検出結果が「 0 」である誤り訂正符号語ブロックの受信データの消去及び誤り検出結果が「 1 」である誤り訂正符号語ブロックの受信データの保持を指示する記憶データ制御信号を送出する。

【 0 1 1 5 】

また、誤り検出結果記憶器 5 0 5 は、再送要求信号生成部 5 0 7 に、誤り検出結果が「 1 」である誤り訂正符号語ブロックの再送を指示する再送ブロック指示信号を送信する。

【 0 1 1 6 】

また、誤り検出結果記憶器 5 0 5 は、誤り訂正符号語ブロックごとの誤り検査結果を受信データ照合部 5 0 9 に送出する。受信データ照合部 5 0 9 は、受信データと誤り検出結果を照合し、誤りがない誤り訂正符号語ブロックに対応する受信データのみを後段に送出する。

【 0 1 1 7 】

復調信号記憶器 5 0 6 は、記憶データ制御信号に基づき、誤り検出結果が「 0 」である誤り訂正符号語ブロックの受信データを消去する。また、復調信号記憶器 5 0 6 は、誤り検出結果が「 1 」である誤り訂正符号語ブロックの受信データは保持する。再送要求信号生成部 5 0 7 は、誤り検出結果記憶器 5 0 5 から送られてきた再送ブロック指示信号に基づき、再送する誤り訂正符号語ブロックを記した再送要求信号を生成し、これを信号送信部 5 0 8 に送出する。信号送信部 5 0 8 は、再送要求信号に、所定の符号化処理及び変調処理を施し、送信装置 4 0 0 へ送信する。

【 0 1 1 8 】

以上説明した本実施の形態における信号送受信フローを、図 1 5 を例に用いて説明する。この例では、送信装置 4 0 0 は、送信データ D 1、D 2 の送信を行うものとする。

【 0 1 1 9 】

(1) 送信装置 4 0 0 は、送信データ D 1、D 2 を、符号化長 N_1 、符号化率 R_1 で符号化し、誤り訂正符号語ブロック $C_1 = [D_1 \quad P_1]$ 、 $C_2 = [D_2 \quad P_2]$ を得る。

(2) 送信装置 4 0 0 は、誤り訂正符号語ブロック C_1 、 C_2 を受信装置 5 0 0 に送信する。

(3) 受信装置 5 0 0 は、通信路を通過してきた誤り訂正符号語ブロック C_{11} 、 C_{21} を受信し、誤り訂正復号を行う。受信装置 5 0 0 は、誤り検出を行い、受信データ D_{11} 、 D_{21} に誤りがないかを検出する。

【 0 1 2 0 】

以下では、受信データ $D1^1$ 、 $D2^1$ が誤っているときの例を説明する。

(4) 受信装置 500 は、誤り訂正復号前の受信データ $D1^1$ 、 $D2^1$ を復調信号記憶器 506 に蓄積する。

(5) 受信装置 500 は、送信データ $D1$ 、 $D2$ の再送を要求する、再送要求信号を送信装置 400 に送信する。

(6) 送信装置 400 は、再送要求信号を受け取ったら、送信データ $D1$ 、 $D2$ を接続した $D3 = [D1 \ D2]$ を符号長 $N2$ (ただし、 $N1 < N2$)、符号化率 $R2$ で符号化し、誤り訂正符号語ブロック $C3 = [D3 \ P3]$ を得る。

【0121】

(7) 送信装置 400 は、符号化で得たパリティブロック $P3$ のみを、受信装置 500 に送信する。

(8) 受信装置 500 は、通信路を通ってきたパリティブロック $P3^1$ を受信し、復調信号記憶器 506 に蓄積されている $D1^1$ 、 $D2^1$ 及び $P3^1$ を使って誤り訂正復号を行い、さらにその復号結果の誤り検出を行う。

(9) 受信装置 500 は、復号結果が誤っていなければ、(8) の復号処理により得られた $D1^2$ 、 $D2^2$ を受信データとして後段に送出する。

(10) 受信装置 500 は、正しく復号できたことを示す確認応答信号を送信装置 400 に送信する。

【0122】

以上説明したように、本実施の形態によれば、誤った誤り訂正符号語ブロックの再送時には、前回より長い符号長で符号化し、そのパリティ部分のみを送信したことにより、再送時には誤り訂正能力の強い長い符号長で符号化でき、さらに、そのパリティ部分のみを送信することで、再送にかかる通信帯域を削減することができる。

【0123】

なお、本実施の形態において、送信装置 400 は、パリティブロックのみを送信することとしたが、パリティブロックだけでなく誤り訂正符号語ブロック全体を送信することにしてもよい。このようにすれば、受信装置 500 の復号時に新たに送信された誤り訂正符号語ブロック全体も利用することができるので、復号時の利得が向上する。

【0124】

(実施の形態 4)

本実施の形態では、複数の階層データを接続したデータを符号化する符号化器について、図面を参照しながら説明する。本実施の形態では、符号化方式として低密度パリティ検査符号 (LDPC 符号) を用い、又、階層数が 2 の場合を例に説明する。

【0125】

図 16 に、符号化器 600 の入出力関係を示す。符号化器 600 は、第 1 階層データ $S1$ 及び第 2 階層データ $S2$ を入力とし、第 1 階層データ $S1$ 、第 1 階層パリティ $P1$ 、第 2 階層データ $S2$ 、及び、第 2 階層パリティ $P2$ を出力する。以下では、第 2 階層データ $S2$ が、第 1 階層データ $S1$ より上位の階層データであるとする。

【0126】

符号化器 600 は、図 17 に示す検査行列 H で定義される LDPC 符号の符号化を行う。検査行列 H は、部分行列 $H1$ と部分行列 $H2$ とに分割可能な構成を採る。

【0127】

部分行列 $H1$ は、第 1 階層データ $S1$ に対応する検査行列 $Hs1$ と、第 1 階層パリティ $P1$ に対応する検査行列 $T1$ とから構成される。また、部分行列 $H1$ において、第 2 階層データ $S2$ に対応する部分及び第 2 階層パリティ $P2$ に対応する部分はゼロ行列で構成される。

【0128】

部分行列 $H2$ は、第 1 階層データ $S1$ 及び第 2 階層データ $S2$ に対応する $Hs2$ と、第 2 階層パリティ $P2$ に対応する検査行列 $T2$ とから構成される。また、第 1 階層パリティ $P1$ に対応する部分はゼロ行列で構成される。

【 0 1 2 9 】

符号化器 6 0 0 は、第 1 階層データ S_1 と検査行列 H の H_{s1} で示す部分行列とを用いて第 1 階層パリティ P_1 を求める。また、符号化器 6 0 0 は、第 1 階層データ S_1 と、第 2 階層データ S_2 と、検査行列の H_{s2} で示す部分行列とを用いて第 2 階層パリティ P_2 を求める。

【 0 1 3 0 】

第 1 階層パリティに対応する検査行列 T_1 及び第 2 階層パリティに対応する検査行列 T_2 が、それぞれ図 1 8 に示す構成を採る場合を例に、符号化器 6 0 0 の具体的構成例を説明する。

【 0 1 3 1 】

検査行列 T_1 及び T_2 は、第 1 行目の第 1 列の要素が 1 であり、第 2 行目以降は、第 i 行目の第 $i - 1$ 列目及び第 i 列目の要素が 1 である行列である。このとき、部分行列 H_1 及び H_2 は、それぞれ RA (Repeat-Accumulate) 符号として考えることができる。そのため、符号化器 6 0 0 の内部構成を、図 1 9 に示す構成とすることができる。なお、図 1 9 において、 M_1 は、部分行列 H_1 の行数を表し、 M_2 は、部分行列 H_2 の行数を表す。

【 0 1 3 2 】

図 1 9 の符号化器 6 0 0 は、切り替え器 6 0 1、検査行列 H_{s1} 記憶部 6 0 2、検査行列 H_{s2} 記憶部 6 0 3、ウェイト乗算器 6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_1 、6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_2 、 $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_1 、6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_2 、6 0 9 - 1、6 0 9 - 2、遅延器 6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M_1 、6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M_2 、6 1 0 - 1、6 1 0 - 2、及び、並列・直列変換部 6 0 7、6 0 8 を備えて構成される。

【 0 1 3 3 】

なお、以下では、検査行列 H_{s1} 記憶部 6 0 2、ウェイト乗算器 6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_1 、 $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_1 、6 0 9 - 1、遅延器 6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M_1 、6 1 0 - 1、及び、並列・直列変換部 6 0 7 により、第 1 階層パリティ P_1 を生成する。これら、第 1 階層パリティ P_1 を生成するための構成を、第 1 階層パリティ生成部 6 0 0 - 1 と呼ぶ。また、検査行列 H_{s2} 記憶部 6 0 3、ウェイト乗算器 6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_2 、 $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_2 、6 0 9 - 2、遅延器 6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M_2 、6 1 0 - 2、及び、並列・直列変換部 6 0 8 により、第 2 階層パリティ P_2 を生成する。これら、第 2 階層パリティ P_2 を生成するための構成を、第 2 階層パリティ生成部 6 0 0 - 2 と呼ぶ。

【 0 1 3 4 】

切り替え器 6 0 1 は、第 2 階層パリティ生成部 6 0 0 - 2 に入力するデータを切り替える。

【 0 1 3 5 】

検査行列 H_{s1} 記憶部 6 0 2 は、検査行列 H_{s1} における “ 1 ” と “ 0 ” の並びを記憶しておき、その並びに従ったウェイトをウェイト乗算器 6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_1 に送出する。ウェイト乗算器 6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_1 は、第 1 階層データ S_1 とウェイトとを乗算する。

【 0 1 3 6 】

$\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_1 は、ウェイト乗算器 6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M_1 の出力と、遅延器 6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M_1 から出力される 1 時点前の $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_1 の出力とを $\text{mod } 2$ 加算し、並列・直列変換部 6 0 7 及び遅延器 6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M_1 に出力する。

【 0 1 3 7 】

並列・直列変換部 6 0 7 は、第 1 階層データ S_1 が入力されている間は、 $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M_1 の出力をそれぞれ保持し、第 1 階層データ S_1 の入力が終わると、 $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 5 - 1 の出力結果から順に $\text{mod } 2$ 加算器 6 0 9 - 1 に出力する。

【 0 1 3 8 】

10

20

30

40

50

mod 2 加算器 609 - 1 は、並列・直列変換部 607 の出力と、遅延器 610 - 1 から出力される 1 時点前の mod 2 加算器 609 - 1 の出力を mod 2 加算し、その結果を第 1 階層パリティ P1 として出力する。

【0139】

第 2 階層パリティ P2 を生成する第 2 階層パリティ生成部 600 - 2 についても、各処理部は、第 1 階層パリティ P1 を求める第 1 階層パリティ生成部 600 - 1 と同様の働きをする。異なるのは、検査行列 Hs2 記憶部 603 が、検査行列 Hs2 における “1” と “0” の並びを記憶していることと、並列・直列変換部 608 は、第 1 階層データ S1 及び第 2 階層データ S2 の入力が終わった後に、mod 2 加算器 605 - 1 の出力結果から順に mod 2 加算器 609 - 2 に出力することである。

10

【0140】

このようにすることで、符号化器 600 は、第 2 階層パリティ P2 を求める際、第 2 階層データ S2 だけでなく、第 1 階層データ S1 を含めて符号化することができる。その結果、第 2 階層データに対する符号化の符号長が、第 1 階層データ S1 の符号長の分だけ長くなり、第 2 階層データの誤り耐性を向上させることができる。

【0141】

以上説明したように、符号化器 600 は、第 1 階層データ S1 及び第 2 階層データ S2 を入力とし、第 1 階層データ S1、第 1 階層パリティ P1、第 2 階層データ S2、及び、第 2 階層パリティ P2 を出力する。

【0142】

また、符号化器 600 は、図 17 に示すような単一の検査行列 H を用いて符号化することにより、第 1 階層パリティ P1 と、第 2 階層パリティ P2 とを同時に得ることができる。

20

【0143】

なお、以上の説明では、符号化器 600 が、図 17 の検査行列 H を用いて二つの階層のデータを符号化する場合について説明したが、検査行列 H が、第 1 階層データ S1 のみから第 1 階層パリティ P1 を生成する部分行列 H1 と、第 1 階層データ S1 及び第 2 階層データ S2 から第 2 階層パリティ P2 を作成する部分行列 H2 と、から構成されていればよく、部分行列 H1、H2 には、任意の検査行列を用いることができる。

【0144】

また、検査行列 H が、第 1 階層データ S1 のみから第 1 階層パリティ P1 を生成する部分行列 H1 と、第 1 階層データ S1、第 2 階層データ S2、及び、第 1 階層パリティ P1 から第 2 階層パリティ P2 を作成する部分行列 H2 と、を備えるようにしてもよい。この場合の検査行列 H を、図 20 に示す。図 17 の部分行列 H2 では、第 1 階層パリティ P1 に対応する列がゼロ行列であったのに対し、図 20 の部分行列 H2 では、第 1 階層パリティ P1 に対応する検査行列 Hp1 が存在する。

30

【0145】

図 20 のような構成とすることで、第 2 階層データ S2 の符号化時には、第 1 階層データ S1 の符号長に加えて、第 1 階層パリティ P1 の符号長の分、符号長を長くして符号化することができるようになるので、第 2 階層データ S2 の誤り耐性を向上させることができる。

40

【0146】

なお、以上の説明では、第 1 階層パリティに対応する検査行列 T1 及び第 2 階層パリティに対応する検査行列 T2 が、図 18 のような構成を採る場合について説明したが、これに限られず、例えば、図 21 に示すように、検査行列 T1 又は T2 に下三角行列を用いるようにしても良い。このようにすることで、検査行列 H は、第 1 階層データ S1 のみから第 1 階層パリティ P1 を生成する部分行列 H1 と、第 1 階層データ S1、第 2 階層データ S2、及び、第 1 階層パリティ P1 から第 2 階層パリティ P2 を生成する部分行列 H2 とを備えることとなる。

【0147】

50

なお、以上の説明では、第1階層データS1と第2階層データS2とが符号化器600に並列に入力され、符号化器600から、第1階層データS1及び第1階層パリティP1と、第2階層データS2及び第2階層パリティP2とが並列に出力される場合について説明したが、図22に示すように、これらを直列に入力する符号化器600Aにおいて、検査行列Hを用いて符号化するようにしても、本発明の効果を得ることができる。

【0148】

次に、検査行列Hを用いて符号化された符号語を復号する復号器について説明する。図23に、復号器の構成及び入出力関係を示す。図23の復号器(H)700は、第1階層データS1及び第1階層パリティP1の受信尤度と、第2階層データS2及び第2階層パリティP2の受信尤度とを入力として、検査行列Hに基づいてBP(Belief Propagation)復号を行うことにより、第1階層データS1及び第2階層データS2を得るLDPC復号器である。

10

【0149】

復号器(H)700において、検査行列Hを用いて第1階層データS1及び第2階層データS2の復号処理を一括して行うことで、第1階層データS1及び第2階層データS2の復号結果を同時に得ることができる。

【0150】

また、図24に、本実施の形態に係る復号器の別の構成を示す。図24の復号器(H)700Aでは、復号器(H1)710Aは、第1階層データS1及び第1階層パリティP1の受信尤度を用いて第1階層データS1を復号する。また、復号器(H2)720Aは、第1階層データS1、第2階層データS2、及び、第2階層パリティP2の受信尤度を用いて、第2階層データS2を復号する。このような復号処理を行うことで、第1階層データS1の復号処理と第2階層データS2の復号処理とを切り離すことができるので、雑音や干渉の影響で第2階層データS1又は第2階層パリティP2の受信尤度の信頼性が低い場合に、これらによって第1階層データS1の復号が悪影響を受けるのを回避することができる。

20

【0151】

また、この場合であっても第2階層データS2の復号処理においては、第1階層データS1を含めた符号長で復号処理が行われるので、符号長が長くなる分、第2階層データS2の誤り耐性を向上させることができる。

30

【0152】

また、図25に、本実施の形態に係る復号器のさらに別の構成を示す。図25の復号器(H)700Bは、部分行列H1を用いて復号処理を行う復号器(H1)710Bと、部分行列H2を用いて復号処理を行う復号器(H2)720Bとを備えて構成される。復号器(H)700Bでは、まず、復号器(H1)710Bにおいて、第1階層データS1及び第1階層パリティP1の受信尤度を用いて第1階層データの復号処理を行う。その後、復号器(H2)720Bが、復号後の第1階層データS1、第2階層データS2、及び、第2階層パリティP2の受信尤度を用いて、復号処理を行い、第2階層データS2の復号結果を得る。このようにすることで、復号器(H2)720Bは、復号器(H1)710Bによって復号された、信頼度が高い第1階層データS1を用いることができるので、第2階層データの復号性能を向上させることができる。

40

【0153】

また、このような復号処理を行うことで、第1階層データS1の復号処理と第2階層データS2の復号処理とを切り離すことができるので、雑音や干渉の影響で第2階層データS1又は第2階層パリティP2の受信尤度の信頼性が低い場合に、これらによって第1階層データS1の復号が悪影響を受けるのを回避することができる。

【0154】

また、この構成において、復号器(H1)710Bの復号処理により得られた第1階層データS1が、正しく復号されたとすれば、実施の形態1に係る復号器212と同様の復号アルゴリズムを用いることができ、第2階層データS2の誤り耐性を向上させることが

50

できる。

【 0 1 5 5 】

なお、図 2 5 に示した復号器 (H) 7 0 0 B において、図 2 0 に示したような、第 1 階層データ S 1、第 1 階層パリティ P 1、及び、第 2 階層データ S 2 を用いて第 2 階層パリティ P 2 を生成する検査行列 H を用いる場合には、復号器 (H 1) 7 1 0 B は、第 1 階層データ S 1 の復号結果に加えて、第 1 階層パリティ P 1 の復号結果を復号器 (H 2) 7 2 0 B に出力するようにすればよい。

【 0 1 5 6 】

また、以上の説明では、図 1 7、図 2 0 に示した検査行列 H を用いる場合を例に説明したが、これに限るものではなく、例えば図 2 6 に示す検査行列 H を用いてもよい。図 2 6 に示す検査行列 H は、プロトグラフと呼ばれる部分行列 H o r g と部分行列 H m とから構成される。検査行列 H の各列は、送信データに対応し、左から n 番目の部分行列 H o r g がある列は、送信データ T n に対応する。

10

【 0 1 5 7 】

このような検査行列を用いることで、n 番目の送信データの符号化時には、送信データ T n と送信データ T (n - 1) とを用いて符号化することができ、送信データ T n だけを符号化する場合に比べ符号長を長くすることができるので、誤り訂正能力を向上させることができる。

【 0 1 5 8 】

また、送信データ数が少ない場合、例えば送信データ長が H o r g のブロック長より短い場合には、送信データ T 1 の符号化の際、H m が用いられずに、H o r g のみが用いられて符号化されるようになるので、余分に送信されるビット量を最小限に抑えることができ、データ伝送効率の劣化を防止することができる。

20

【 0 1 5 9 】

一方、送信データ長が H o r g のブロック長より長い場合、H m と H o r g とが接続された検査行列が用いられて符号化されるようになるため、受信品質が向上するという効果を得ることができる。

【 0 1 6 0 】

なお、通信相手が復号に用いる検査行列を切り替えることができるように、通信相手に対し、H o r g のみを用いて符号化したか、H o r g と H m とを用いて符号化したか否かを通知するための制御情報を送信する必要がある。

30

【 0 1 6 1 】

また、H o r g として、差集合巡回符号の検査行列を用いることができる。H o r g を差集合巡回符号の検査行列とすることで、差集合巡回符号の持つ自己直交性により、B P 復号時に良好な受信性能を得ることができる。

【 0 1 6 2 】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、図 1 7 に示した検査行列 H の符号化を行う符号化器を、部分行列 H 1 の符号化を行う符号化器と部分行列 H 2 の符号化を行う符号化器とにより構成する場合について説明する。

40

【 0 1 6 3 】

図 2 7 に、本実施の形態に係る符号化器の構成を示す。図 2 7 の符号化器 8 0 0 は、符号化器 (H 1) 8 1 0 及び符号化器 (H 2) 8 2 0 を備えて構成される。

【 0 1 6 4 】

符号化器 (H 1) 8 1 0 は、検査行列 H の部分行列 H 1 に基づいて、第 1 階層データ S 1 から第 1 階層パリティ P 1 を生成する。部分行列 H 1 は、第 1 階層データに対応する検査行列 H s 1 と、第 1 階層パリティに対応する検査行列 T 1 とから構成される。

【 0 1 6 5 】

また、符号化器 (H 2) 8 2 0 は、検査行列 H の部分行列 H 2 に基づいて、第 1 階層データ S 1 及び第 2 階層データ S 2 から第 2 階層パリティ P 2 を生成する。部分行列 H 2 は

50

、第1階層データ及び第2階層データに対応するH s 2と、第2階層パリティに対応する検査行列T 2とから構成される。

【0166】

このようにすることで、第2階層データS 2の符号化の際には、第1階層データS 1及び第2階層データS 2を用いて第2階層データP 2を生成することができるので、第2階層データP 2についての符号語の符号長が長くなり、第2階層データS 2の誤り耐性を向上させることができる。

【0167】

以上のように、本実施の形態によれば、検査行列Hが、第1階層データS 1に対応する検査行列H s 1と、第1階層パリティP 1に対応する検査行列T 1とから構成される部分行列H 1と、第1階層データS 1及び第2階層データS 2に対応するH s 2と、第2階層パリティP 2に対応する検査行列T 2とから構成される部分行列H 2とから構成される場合に、符号化器800は、部分行列H 1を用いて、第1階層データS 1から第1階層パリティP 1を生成する符号化器(H 1)810と、部分行列H 2を用いて、第1階層情報S 1及び第2階層情報S 2から第2階層パリティP 2を生成する符号化器(H 2)820とを備えるようにした。この場合も、実施の形態4と同様に、第2階層データS 2の誤り耐性を向上させることができる。

【0168】

なお、第2階層データS 2の符号化の際に、第1階層データS 1及び第2階層データS 2に加え、第1階層パリティP 1をさらに用いる場合の符号化器の構成を、図28に示す。図28の符号化器800Aの符号化器(H 2)820Aには、第1階層データS 1及び第2階層データS 2に加えて、符号化器(H 1)810によって生成された第1階層パリティP 1が入力される。符号化器(H 2)820Aは、これら3つの入力を用いて、第2階層パリティP 2を生成する。

【0169】

このようにすることで、第2階層データS 2の符号化の際には、第2階層データS 2に加えて、第1階層データS 1及び第1階層パリティP 1が用いられて符号化されるので、符号長を長くすることができ、第2階層データS 2の誤り耐性を向上させることができる。

【0170】

また、図28の符号化器(H 1)810及び符号化器(H 2)820Aは、実施の形態1において説明した受信装置200の復号器211及び復号器212に適用することができる。

【0171】

(実施の形態6)

本実施の形態では、複数の階層の信号を接続して符号化することで符号長を増大させ、上位の階層のデータの誤り耐性を向上させる符号化器における、干渉対策技術について説明する。具体的には、下位の階層のデータに既知ビットを挿入することにより、下位の階層のデータが受けた雑音・干渉の影響が大きい場合においても、その影響を上位の階層の復号に伝搬させないようにする。

【0172】

なお、上位の階層のデータが受けた雑音・干渉の影響が、下位の階層のデータの復号に伝搬されないようにするには、実施の形態4において説明した図25の復号器(H)700Bにより実現することができる。図25の復号器(H)700Bでは、上位の階層のデータ(第2階層データS 2)は、下位の階層のデータ(第1階層データS 1)の復号には用いられないため、上位の階層のデータが受けた雑音・干渉の影響が、下位の階層のデータの復号に伝搬されないようになっている。

【0173】

図29に、本実施の形態に係る符号化器の構成を示す。図29の符号化器900は、既知ビット挿入部910、及び、符号化器(H)920を備えて構成される。なお、符号化

10

20

30

40

50

器 (H) 920 は、実施の形態 4 や実施の形態 5 で説明したいずれかの符号化器を用いることができる。以下では、符号化器 (H) 920 が、第 1 階層データ S1 から第 1 階層パリティ P1 を生成する第 1 階層符号化器 921 と、第 1 階層データ S1 及び第 2 階層データ S2 から第 2 階層パリティ P2 を生成する第 2 階層符号化器 922 とを備えて構成される場合を例に説明する。

【0174】

図 30 に、符号化器 (H) 920 において用いられる検査行列 H を示す。検査行列 H は、第 1 階層データ S1 から第 1 階層のパリティ P1 を求める際に用いられる部分行列 H1 と、第 1 階層データ S1 及び第 2 階層データ S2 から第 2 階層パリティ P2 を生成する際に用いられる部分行列 H2 とから構成される。

10

【0175】

まず、第 1 階層データ S1 は、既知ビット挿入部 910 に入力される。既知ビット挿入部 910 は、第 1 階層データ S1 に、一つ以上の既知ビットを挿入する。既知ビットとは、符号化器及び復号器の双方が、そのビットが “1” か “0” かが、分かっているビットを言う。既知ビット挿入部 910 は、既知ビットを挿入した第 1 階層データ S1 を、第 1 階層符号化器 921 及び第 2 階層符号化器 922 に送出する。

【0176】

第 1 階層符号化器 921 は、部分行列 H1 に基づいて、既知ビットが挿入された第 1 階層データ S1 から第 1 階層パリティ P1 を生成する。また、第 2 階層符号化器 922 は、部分行列 H2 に基づいて、既知ビットが挿入された第 1 階層データ S1 及び第 2 階層データ S2 から第 2 階層パリティ P2 を生成する。このようにすることで、本実施の形態における符号化器は、第 1 階層データ S1 の一つ以上を既知ビットにして送信することができる。

20

【0177】

図 31 に、本実施の形態に係る復号器の構成を示す。図 31 の復号器 1000 は、既知尤度挿入部 1010、及び、復号器 (H) 1020 を備えて構成される。なお、復号器 (H) 1020 は、実施の形態 1 において説明した復号器と同様の構成を採ることができる。以下では、復号器 (H) 1020 が、図 24 に示した復号器 (H) 700A と同様の構成を採り、復号器 (H1) 1021 及び復号器 (H2) 1022 を備えて構成される場合を例に説明する。

30

【0178】

既知尤度挿入部 1010 は、第 1 階層データ S1 の受信尤度の中で、既知ビットを挿入した位置に既知尤度を挿入する。例えば、受信尤度として対数尤度比を用いる場合には、既知尤度の符号を、挿入した既知ビットに対応する正負の符号とし、既知尤度の絶対値を、他の受信尤度に比べて絶対値が十分大きい値とする。又は、復号器 (H) 1020 が扱うことのできる最大値を、既知尤度の絶対値とするようにしても良い。

【0179】

既知尤度挿入部 1010 は、既知尤度を挿入した第 1 階層データ S1 の受信尤度と、第 1 階層パリティ P1 の受信尤度とを復号器 (H1) 1021 に送出する。

【0180】

復号器 (H) 1020 において、復号器 (H1) 1021 は、既知尤度が挿入された第 1 階層データ S1 の受信尤度と、第 1 階層パリティ P1 の受信尤度とを用いて、第 1 階層データ S1 を復号し、復号結果を出力する。

40

【0181】

復号器 (H2) 1022 は、既知尤度が挿入された第 1 階層データ S1 の受信尤度と、第 2 階層データ S2 の受信尤度と、第 2 階層パリティ P2 の受信尤度とを用いて、第 2 階層データ S2 を復号し、復号結果を出力する。

【0182】

復号器 (H2) 1022 において、第 1 階層データ S1 の受信尤度中に挿入された既知尤度は、その他のビットの受信尤度に比べて十分大きいので、B-P 復号の性能を向上させ

50

る役割を持つ。そのため、第1階層データS1の受信品質が悪く、その受信尤度が低い場合においても、既知尤度を挿入することにより、第2階層データS2の符号語に含まれる第1階層データS1の割合が少なくなるので、品質が悪い第1階層データS1の受信尤度により、第2階層データS2の復号性能が劣化するのを回避することができる。すなわち、既知ビットを挿入することで、第1階層データS1から第2階層データS2への雑音・干渉の影響の伝搬を回避することができる。

【0183】

なお、第1階層データS1中に既知ビットを挿入するので、第1階層データS1で送ることができるデータ量が減ってしまう。しかし、既知ビットを挿入することにより、第1階層データS1の受信品質向上の効果が得られるので、雑音や干渉の影響が強い環境下でもデータが正しく伝送される確率を向上させることができる。

10

【0184】

以上のように、本実施の形態によれば、符号化器900は、第1階層データS1の所定の位置に、既知ビットを挿入する既知ビット挿入部910を備えるようにした。これにより、第1階層データS1の受信品質が向上するため、雑音や干渉の影響が強い環境下でもデータが正しく伝送される確率を向上させることができる。

【0185】

なお、第1階層データS1中に既知ビットを挿入する位置は、次のような基準で決めることができる。部分行列H2中の行列Hs2の、第1階層データS1に対応する列の重み(列重み)を1～nとする。ここで、nは、第1階層データS1のデータ長である。このとき、列重みが大きい列ほど、第1階層データS1の受信品質の影響が第2階層データS2により多く伝わることになるので、列重みが大きい列から優先的に既知ビットを挿入していくことにより、より確実に第2階層データS2の受信品質の劣化を回避することができる。

20

【0186】

既知ビット挿入部910は、挿入する既知ビット数をKとしたとき、行列Hs2の列重み1～nが大きいK列に対応する第1階層データS1の位置に、既知ビットを挿入する。

【0187】

このように、既知ビット挿入部910は、検査行列Hの第1階層データS1に対応する列のなかで、第2階層パリティP2を求めるための部分行列H2の行に含まれる1が多い列から順に、つまり、列重みが大きい列から優先的に既知ビットを挿入していくようにする場合には、第2階層データS2により多く影響を与える第1の受信品質を向上させることができるので、この結果、第2階層データS2の受信品質の劣化を回避することができる。

30

【0188】

なお、復号器1000の既知尤度挿入部1010は、挿入する既知ビット数をKとしたとき、行列Hs2の列重み1～nが大きいK列に対応する第1階層データS1の位置に、既知尤度を挿入すればよい。

【0189】

40

(実施の形態7)

本実施の形態では、実施の形態6で説明した、第1階層データS1中に既知ビットを挿入する場合に、挿入する既知ビット数を復号側(受信側)からフィードバックされる受信品質に基づいて決定する符号化器について説明する。

【0190】

図32に、本実施の形態に係る符号化器の構成を示す。図32の符号化器1100は、図29の符号化器900に対し、既知ビット数決定部1110、及び、制御信号符号化器1120を追加した構成を採る。

【0191】

既知ビット数決定部1110は、通信相手の復号側(受信側)からフィードバックされ

50

る受信品質情報に基づいて、第1階層データS1に挿入する既知ビット数を決定する。既知ビット数の決定指針としては、受信品質情報が、受信品質が良好であることを示す場合は、既知ビット数を少なくし、受信品質が劣悪であることを示す場合は、既知ビット数を多くする。

【0192】

既知ビット数決定部1110は、決定した既知ビット数を既知ビット挿入部910及び制御信号符号化器1120に出力する。既知ビット挿入部910は、既知ビット数決定部1110から出力される既知ビット数だけ、既知ビットを第1階層データS1中に挿入する。

【0193】

なお、第1階層データS1中に既知ビットを挿入する位置は、次のような基準で決めることができる。部分行列H2中の行列Hs2の、第1階層データS1に対応する列重みを1～nとする。ここで、nは、第1階層データS1のデータ長である。このとき、列重みが大きい列ほど、第1階層データS1の受信品質の影響が第2階層データS2により多く伝わることになるので、列重みが大きい列から優先的に既知ビットを挿入していくことにより、より確実に第2階層データS2の受信品質の劣化を回避することができる。

【0194】

既知ビット挿入部910は、挿入する既知ビット数をKとしたとき、行列Hs2の列重み1～nが大きいK列に対応する第1階層データS1の位置に、既知ビットを挿入する。

【0195】

制御信号符号化器1120は、既知ビット数の情報を含めた制御信号を符号化し、符号化後の制御信号を復号側（受信側）に通知する。

【0196】

図33に、本実施の形態に係る復号器の構成を示す。図33の復号器1200は、図31の復号器1000に対し、第1階層信号受信処理部1210、第2階層信号受信処理部1220、受信品質推定部1230、制御信号受信処理部1240、及び、制御信号復号器1250を追加した構成を採る。

【0197】

第1階層信号受信処理部1210は、通信路を経て受信された第1階層信号から、第1階層データS1及び第1階層パリティP1の受信尤度を算出し、これら受信尤度を受信品質推定部1230、及び、既知尤度挿入部1010に送出する。

【0198】

第2階層信号受信処理部1220は、通信路を経て受信された第2階層信号から、第2階層データS2及び第2階層パリティP2の受信尤度を算出し、これら受信尤度を復号器(H2)1022に送出する。

【0199】

制御信号受信処理部1240は、通信路を経て受信された制御信号から、制御信号に関する受信尤度を算出し、当該受信尤度を制御信号復号器1250に送出する。なお、通信路として、無線通信路、電灯線や光ファイバなどの有線通信路など任意の通信路を使用することができる。

【0200】

制御信号復号器1250は、制御信号を復号し、制御信号に含まれる既知ビット数を抽出し、抽出した既知ビット数を既知尤度挿入部1010に送出する。

【0201】

既知尤度挿入部1010は、挿入する既知ビット数をKとしたとき、行列Hs2の列重み1～nが大きいK列に対応する第1階層データS1の位置に、既知尤度を挿入する。

【0202】

受信品質推定部1230は、第1階層データS1及び第1階層パリティP1の受信尤度

10

20

30

40

50

から、第1階層信号の受信品質を推定する。受信品質推定部1230は、推定した受信品質を、フィードバック通信路を用いて符号化側（送信側）に通知する。

【0203】

以上のように、本実施の形態によれば、符号化器1100は、通信相手の復号側（受信側）からフィードバックされる受信品質に基づいて、第1階層データS1に挿入する既知ビット数を決定する既知ビット数決定部1110を備えるようにした。このようにすることで、受信品質が良好で、第1階層データS1から第2階層データS2への雑音・干渉の影響の伝搬が問題にならない場合には、既知ビット数を少なくすることにより、既知ビット挿入による第1階層データS1のデータ量の低下を回避することができるとともに、受信品質が劣悪な場合には、既知ビット数を多くすることにより、第1階層データS1から第2階層データS2への雑音・干渉の伝搬の影響を低減させる効果を高めることができるようになる。

10

【0204】

（実施の形態8）

実施の形態1～7では、ビット誤りを訂正する場合の実施例について説明した。本実施の形態では、ソースシンボル、ソースブロック、又は、パケットの消失訂正に本発明を適用した場合の実施例について説明する。

【0205】

図34に、本実施の形態に係る通信システムの全体構成図を示す。図34に示す通信システムは、第1階層情報S1及び第2階層情報S2を送受信する通信システムである。

20

【0206】

図34において、通信システムは、第1階層情報供給部1301-1、第2階層情報供給部1301-2、シンボル化部1302-1、1302-2、消失訂正符号化器1303、パケット化部1304、送信部1305、通信路1306、受信部1307、シンボル化部1308、消失訂正復号器1309、第1階層情報復元部1310-1、及び、第2階層情報復元部1310-2を備えて構成される。

【0207】

第1階層情報供給部1301-1及び第2階層情報供給部1301-2は、それぞれ第1階層情報S1、第2階層情報S2を保持しており、それらをシンボル化部1302-1、1302-2に送出する。

30

【0208】

シンボル化部1302-1は、第1階層情報S1を予め決められたソースブロックと呼ばれる単位で切り出す。また、シンボル化部1302-1は、切り出したソースブロックを、予め決められた大きさのソースシンボルに分割する。シンボル化部1302-1は、ソースシンボルを消失訂正符号化器1303に送出する。なお、第1階層情報S1を切り出さず、第1階層情報S1全体を1つのソースブロックとして扱っても良い。

【0209】

同様に、シンボル化部1302-2は、第2階層情報S2を予め決められた大きさのソースシンボルに分割し、ソースシンボルを消失訂正符号化器1303に送出する。なお、第1階層情報S2も同様に、第2階層情報S2全体を1つのソースシンボルとして扱っても良い。

40

【0210】

消失訂正符号化器1303は、第1階層情報S1のソースシンボル及び第2階層情報S2のソースシンボルを用いて消失訂正符号化処理を行い、パリティシンボルを生成し、生成したパリティシンボルをパケット化部1304に出力する。なお、消失訂正符号化器1303は、第1階層情報S1のソースシンボルから、第1階層情報S1のための第1階層パリティシンボルP1を生成し、また、第1階層情報S1のソースシンボル及び第2階層情報S2のソースシンボルから、第2階層情報S2のための第2階層パリティシンボルP2を生成する。

【0211】

50

図 3 5 に、消失訂正符号化器 1 3 0 3 の構成例を示す。消失訂正符号化器 1 3 0 3 は、図 3 6 に示す検査行列 H に従って消失訂正符号化処理を行う。符号化器 (H 1) 1 3 0 3 - 1 は、検査行列 H の部分行列 H 1 に従って、第 1 階層情報シンボル S 1 を符号化し、第 1 階層パリティシンボル P 1 を生成する。また、符号化器 (H 2) 1 3 0 3 - 2 は、検査行列 H の H 2 に従って、第 1 階層情報シンボル S 1 及び第 2 階層情報シンボル S 2 を符号化し、第 2 階層パリティシンボル P 2 を生成する。

【 0 2 1 2 】

なお、消失訂正符号化器 1 3 0 3 の構成や、消失訂正符号化方法については、上述の実施の形態で説明した他の符号化方法を用いることができる。上述の実施の形態では、ビット単位で符号化処理を行っていたのに対し、本実施の形態では、シンボル単位で符号化処理を行う点が異なるものの、処理単位が異なるだけなので、ビット単位の符号化処理をシンボル単位で行うようにすればよい。したがって、消失訂正符号化器 1 3 0 3 が、図 3 7 のような構成を採るようにしてもよい。

【 0 2 1 3 】

消失訂正符号化器 1 3 0 3 は、第 1 階層情報シンボル S 1、第 1 階層パリティシンボル P 1、第 2 階層情報シンボル S 2、及び、第 2 階層パリティシンボル P 2 をパケット化部 1 3 0 4 に送出する。

【 0 2 1 4 】

パケット化部 1 3 0 4 は、第 1 階層情報シンボル S 1、第 1 階層パリティシンボル P 1、第 2 階層情報シンボル S 2、及び、第 2 階層パリティシンボル P 2 からパケットを生成し、生成したパケットを送信部 1 3 0 5 に送出する。

【 0 2 1 5 】

送信部 1 3 0 5 は、通信路 1 3 0 6 にパケットを送信する。

【 0 2 1 6 】

受信部 1 3 0 7 は、通信路 1 3 0 6 を経て到着したパケットを受信する。このとき、通信路の状況により、送信されたパケットが受信部 1 3 0 7 で検知できず、パケットロス（消失）が起こる場合がある。受信部 1 3 0 7 は、正しく受信したパケットをシンボル化部 1 3 0 8 に送出するとともに、消失したパケットの ID をシンボル化部 1 3 0 8 に送出する。

【 0 2 1 7 】

シンボル化部 1 3 0 8 は、受信パケットをシンボル化し、得られたシンボルを消失訂正復号器 1 3 0 9 に送出する。

【 0 2 1 8 】

消失訂正復号器 1 3 0 9 は、消失していないシンボルに消失訂正復号処理を行い、消失したシンボルを復元する。具体的には、消失訂正復号器 1 3 0 9 は、受信された第 1 階層情報シンボル S 1 及び第 1 階層パリティシンボル P 1 から、消失した第 1 階層情報シンボル S 1 を復元する。また、消失訂正復号器 1 3 0 9 は、受信された第 1 階層情報シンボル S 1、第 2 階層情報シンボル S 2、及び、第 2 階層パリティシンボル P 2 から、消失した第 2 階層情報シンボル S 2 を復元する。消失訂正復号の方法は、特に限定されない。

【 0 2 1 9 】

消失訂正復号器 1 3 0 9 は、消失訂正復号後の第 1 階層情報シンボル S 1 及び第 2 階層情報シンボル S 2 を、それぞれ第 1 階層情報復元部 1 3 1 0 - 1、第 2 階層情報復元部 1 3 1 0 - 2 に送出する。

【 0 2 2 0 】

第 1 階層情報復元部 1 3 1 0 - 1 及び第 2 階層情報復元部 1 3 1 0 - 2 は、ソースシンボルからソースブロックを復元する。これにより、第 1 階層情報及び第 2 階層情報が復元される。

【 0 2 2 1 】

以下、上述のように構成された通信システムの信号送受信フローを、図 3 8 を例に用いて説明する。

(1) シンボル化部 1302-1、1302-2 は、第1階層情報 S1 を予め決められたソースブロックと呼ばれる単位で切り出す。

(2) シンボル化部 1302-1、1302-2 は、ソースブロックを、予め決められた大きさのソースシンボルに分割する。

(3) 消失訂正符号化器 1303 は、第1階層情報 S1 のソースシンボル及び第2階層情報 S2 のソースシンボルを用いて、シンボル単位で消失訂正符号化処理を行い、第1階層パリティシンボル P1 及び第2階層パリティシンボル P2 を生成する。

(4) パケット化部 1304 は、第1階層情報シンボル S1、第1階層パリティシンボル P1、第2階層情報シンボル S2、及び、第2階層パリティシンボル P2 から送信パケットを生成する。なお、図38の例では、パケット化部 1304 は、消失訂正符号化後のシンボルの順序を変えずにパケット化しているが、シンボルの順序を入れ替えてパケット化してもよい。

(5) 送信部 1305 は、通信路 1306 を介して、送信パケットを受信部 1307 に送信する。

(6) シンボル化部 1308 は、受信パケットをシンボル化し、得られたシンボルを消失訂正復号器 1309 に送出する。図38には、2番目及び4番目のパケットが消失している例が示されている。

(7) 消失訂正復号器 1309 は、消失していないシンボルに消失訂正復号処理を行い、消失したシンボルを復元する。

(8) 第1階層情報復元部 1310-1 及び第2階層情報復元部 1310-2 は、ソースシンボルからソースブロックを復元する。

【0222】

以上のように、本実施の形態によれば、シンボル化部 1302-1、1302-2 は、第1階層情報 S1 及び第2階層情報 S2 を、第1階層情報 S1 のソースシンボル及び第2階層情報 S2 のソースシンボルにシンボル化し、消失訂正符号化器 1303 は、第1階層情報 S1 のソースシンボル及び第2階層情報 S2 のソースシンボルを用いて、シンボル単位で消失訂正符号化処理を行い、第1階層パリティシンボル P1 及び第2階層パリティシンボル P2 を生成するようにした。このように、第1階層情報 S1 及び第2階層情報 S2 は、シンボル化部 1302-1、1302-2 によって、シンボル化された後、消失訂正符号化器 1303 によって、シンボル単位で、消失訂正符号化が施される。このようにすることで、シンボル単位で処理する場合においても、複数の階層の情報を接続した符号化・復号化を行うことができ、上位の階層の情報の伝送の信頼性を向上することができる。

【0223】

なお、以上の説明では、シンボル化部 1302-1、1302-2 が、ソースブロックをソースシンボルに分割し、消失訂正符号化器 1303 が、ソースシンボル単位で消失訂正符号化処理を行う場合について説明したが、シンボル化部 1302-1、1302-2 が、ソースシンボルに分割せず、消失訂正符号化器 1303 が、ソースブロック単位で消失訂正符号化処理を行うようにしても良い。

【0224】

また、消失訂正符号化器 1303 を、パケット化部 1304 の後段に設け、パケット化部 1304 が、第1階層情報 S1 及び第2階層情報 S2 をパケット化した後、消失訂正符号化器 1303 が、パケット単位で消失訂正符号化処理を行うことにしても良い。

【0225】

つまり、第1階層情報 S1 は、第1の情報ブロック(ソースシンボル、ソースブロック、パケット)に配置される系列であり、第2階層情報 S2 は、第2の情報ブロック(ソースシンボル、ソースブロック、パケット)に配置される系列であり、消失訂正符号化器 1303 は、第1及び第2の情報ブロックのブロック単位で、第1及び第2のパリティブロックを生成する。

【0226】

なお、本実施の形態に係る通信システムにおいて、実施の形態6で説明したように、既

10

20

30

40

50

知パケットを第1階層情報に挿入する場合には、その挿入量に応じて第1階層情報と第2階層情報の連結度を制御することができる。

【0227】

(実施の形態9)

本実施の形態では、消失訂正を適用した通信システムにおいて、LDPC符号の検査行列で最小ストップングセットを構成するパケット(又は、ソースシンボル、ソースブロック)を、実施の形態6で説明した既知パケット(又は、既知シンボル、既知ブロック)とすることで、最小ストップングセットによる消失訂正能力の低下を抑圧しつつ、第1階層情報と第2階層情報とを連結し、誤り特性を向上させることができる通信システムについて説明する。

10

【0228】

以下では、パケット単位で消失訂正を行う通信システムを例に説明する。

【0229】

先ず、パケット消失訂正を行う通信システムにおいて、最小ストップングセットを構成するパケットを既知パケットとする通信システムについて説明する。

【0230】

図39は、本実施の形態に通信システムの全体構成図である。図39において、通信システムは、パケット生成部1410、消失訂正符号化器1420、送信部1430、通信路1440、受信部1450、消失訂正復号化器1460、及び、パケットデコード部1470を備えて構成される。同図において、パケット生成部1410、消失訂正符号化器1420、及び、送信部1430は、符号化側に対応し、受信部1450、消失訂正復号化器1460、及びパケットデコード部1470は、復号化側に対応する。

20

【0231】

パケット生成部1410は、送信情報源から出力される送信情報にヘッダを付加して情報パケットに変換する。例えば、図40に示すように、送信情報として与えられたMPEG(Moving Picture Expert Group)のTS(Transport Stream)をIPパケットに変換する場合、パケット生成部1410は、MPEG-TSを7つ束ねて、その先頭にIPヘッダを付加することでIPパケットを生成する。パケット生成部1410は、生成した情報パケットを消失訂正符号化器1420に送出する。

【0232】

消失訂正符号化器1420は、パケット生成部1410から出力される情報パケットに対し消失訂正符号化処理を行う。具体的には、消失訂正符号化器1420は、消失訂正符号化処理として、符号化で決められた数の情報パケット毎に冗長パケットを付加する。消失訂正符号化器1420は、情報パケット及び冗長パケットを送信部1430へ送出する。以降、情報パケット及び冗長パケットを送信パケットと呼ぶ。

30

【0233】

送信部1430は、消失訂正符号化器1420から出力される送信パケットを、通信路として使う媒体に応じて、その通信路で送信可能な形に変換し、通信路1440に送信する。

【0234】

通信路1440は、送信部1430から送信された信号が、受信部1450で受信されるまでに通る経路を示す。通信路として、イーサネット(登録商標)、電力線、メタルケーブル、光ファイバ、無線、光(可視光、赤外線など)や、これらを組み合わせたものを使用することができる。

40

【0235】

受信部1450は、通信路1440を経て到着する送信部1430からの信号を受信し、再度送信パケットの形に変換する。以降、これを受信パケットと呼ぶ。受信部1450は、受信パケットを消失訂正復号化器1460に送出する。

【0236】

消失訂正復号化器1460は、受信パケット中に消失したパケットがある場合は、符号

50

化側の消失訂正符号化器 1 4 2 0 で付加された冗長パケットを利用して、消失したパケットの復元処理を行う。消失訂正復号化器 1 4 6 0 は、復元処理を行った受信パケットのうち、情報パケットに相当するパケットのみをパケットデコード部 1 4 7 0 に送出する。一方、受信パケット中に消失したパケットがない場合は、復号処理を行わず、受信パケットのうち、情報パケットに相当するパケットのみをパケットデコード部 1 4 7 0 に送出する。

【 0 2 3 7 】

パケットデコード部 1 4 7 0 は、パケット化された送信情報を、受信情報処理部（図示せぬ）が解読可能な形に変換して受信情報処理部に送信する。図 4 0 の例では、I P パケットのデータから 7 つの M P E G - T S を取り出して受信情報処理部に送出する。

10

【 0 2 3 8 】

図 4 1 は、消失訂正符号化器 1 4 2 0 の要部構成を示す図である。消失訂正符号化器 1 4 2 0 は、消失訂正符号として、低密度パリティ検査（L D P C : Low-Density Parity-Check）符号を用いる。以下では、消失訂正符号化器 1 4 2 0 が、J 個の情報パケットを一つの単位として消失訂正符号化を行う場合を例に説明する。パケット生成部 1 4 1 0 は、生成した情報パケットを J パケットずつ消失訂正符号化器 1 4 2 0 に送出する。なお、情報パケット数 J は、送信する情報の総容量、時間あたりの送信パケット数から決定される。

【 0 2 3 9 】

消失訂正符号化器 1 4 2 0 は、パディング部 1 4 2 1、インタリーブ部 1 4 2 2、消失訂正符号化部 1 4 2 3、及び消失訂正符号化パラメータ記憶部 1 4 2 4 から構成される。

20

【 0 2 4 0 】

消失訂正符号化パラメータ記憶部 1 4 2 4 には、消失訂正符号化に用いる L D P C 符号のパラメータが記憶されている。具体的には、L D P C 符号のパラメータとして、検査行列 H、符号化パケット長 N、組織化パケット長 K、冗長パケット長 M、及びパディングパケット長 P が記憶されている。

【 0 2 4 1 】

パディング部 1 4 2 1 は、パケット生成部 1 4 1 0 から出力される J 個の情報パケットの後部に、符号化側及び復号化側の双方が既知のパディングパケットを付加し、K 個のパケットからなる組織化パケット列を生成する。パディング部 1 4 2 1 は、消失訂正符号化パラメータ記憶部 1 4 2 4 に保持されているパディングパケット長 P に基づいて、パディングパケットを付加し、組織化パケット列をインタリーブ部 1 4 2 2 に送出する。

30

【 0 2 4 2 】

インタリーブ部 1 4 2 2 は、組織化パケット列のパケットの順序を入れ替えるインタリーブ処理を行う。インタリーブ部 1 4 2 2 は、インタリーブ後の組織化パケット列（以下「インタリーブドパケット列」という）を消失訂正符号化部 1 4 2 3 に送出する。なお、インタリーブ処理については、後述する。

【 0 2 4 3 】

消失訂正符号化部 1 4 2 3 は、インタリーブドパケット列に対し、消失訂正符号化パラメータ記憶部 1 4 2 4 に保持されている検査行列 H に基づいて、L D P C 符号化処理を行い、冗長パケット列を生成する。さらに、消失訂正符号化部 1 4 2 3 は、インタリーブドパケット列の後部に生成した冗長パケット列を付加し、冗長パケット付加後の符号化パケット列を送信部 1 4 3 0 へ送出する。

40

【 0 2 4 4 】

図 4 2 は、消失訂正復号化器 1 4 6 0 の要部構成を示す図である。消失訂正復号化器 1 4 6 0 は、再パディング部 1 4 6 1、消失訂正復号化部 1 4 6 2、デインタリーブ部 1 4 6 3、及び消失訂正復号化パラメータ記憶部 1 4 6 4 から構成される。

【 0 2 4 5 】

消失訂正復号化パラメータ記憶部 1 4 6 4 には、消失訂正符号化・復号化に用いる L D P C 符号のパラメータが記憶されている。

50

【 0 2 4 6 】

再パディング部 1 4 6 1 は、受信パケット列に消失があり、かつ、その消失がパディングパケットである場合、消失パケットの位置に再度パディングパケットを挿入する。再パディング部 1 4 6 1 は、再パディングしたパケット列（再パディングパケット列）を消失訂正復号化部 1 4 6 2 に送出する。

【 0 2 4 7 】

消失訂正復号化部 1 4 6 2 は、検査行列 H に基づき、再パディングパケット列の消失訂正復号処理を行い、復号結果のうち、組織化パケット列に対応するパケットのみを抽出し、抽出した消失訂正後の組織化パケット列をデインタリーブ部 1 4 6 3 に送出する。

【 0 2 4 8 】

デインタリーブ部 1 4 6 3 は、消失訂正後の組織化パケット列に対し、符号化側で施したインタリーブ処理と逆の並び替え処理（デインタリーブ処理）を施す。デインタリーブ部 1 4 6 3 は、デインタリーブ処理を施した組織化パケット列のうち、情報パケット列に相当するパケットのみパケットデコード部 1 4 7 0 に送出する。

【 0 2 4 9 】

以下、上述のように構成された通信システムのうち、主に消失訂正符号化器 1 4 2 0 及び消失訂正復号化器 1 4 6 0 の動作を中心に説明する。なお、以下では、パケット生成部 1 4 1 0 から 3 つの情報パケット（ $J = 3$ ）が出力される場合を例に説明する。また、消失訂正符号に用いる LDPC 符号を定義する検査行列 H として、上述した式（12）で示される行列を用いて消失訂正符号化・復号化を行う場合を例に説明する。式（12）の検査行列 H は、符号化パケット長 $N = 10$ 、組織化パケット長 $K = 5$ 、冗長パケット長 $M = 5$ の場合の例である。

【 数 1 2 】

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (12)$$

【 0 2 5 0 】

（消失訂正符号化装置の動作）

図 4 3 は、消失訂正符号化器 1 4 2 0 の各部の入出力パケット列を示した図である。なお、図 4 1 には、図 4 3 に対応するパケット列と同一の符号が付されている。

【 0 2 5 1 】

図 4 3（a）は、パケット生成部 1 4 1 0 から出力される情報パケット列 P 1 1 を示している。情報パケット列 P 1 1 は、3 個の情報パケットからなっている。

【 0 2 5 2 】

パディング部 1 4 2 1 は、パケット生成部 1 4 1 0 から出力される情報パケット列 P 1 1 の後部に、 $2 (= P = K - J)$ 個のパディングパケットからなるパディングパケット列を付加し、5 個のパケットからなる組織化パケット列 P 1 2 を生成する（図 4 3（b）参照）。

【 0 2 5 3 】

インタリーブ部 1 4 2 2 では、組織化パケット列 P 1 2 にインタリーブ処理を施す。實際上、インタリーブ部 1 4 2 2 は、以下のような処理によりインタリーブを行う。

【 0 2 5 4 】

（インタリーブ処理）

（1）検査行列 H に含まれる全ての最小ストップングセットを抽出する。

（2）組織化パケット列に対応する各変数ノードが、全ての最小ストップングセットの組み合わせから、いくつかの最小ストップングセットに含まれるかを検査する。

(3) 含まれる最小ストップPINGセットの数の順に、組織化パケット列に対応する各変数ノードを並び替える。以下、並び替えた結果を変数ノードリストと呼ぶ。

(4) 変数ノードリストの第一位に対応する変数ノードのパケットと、組織化パケット列 P 1 2 の最後尾のパケット、つまり、冗長パケットとを置換する。

(5) 次に、変数ノードリストの第二位に対応する変数ノードのパケットと、組織化パケット列の最後尾から 2 番目のパケット、つまり、冗長パケットとを置換する。

(6) 以降、変数ノードリストの順位が高い変数ノードに対応するパケットから順に、組織化パケット列の冗長パケットと置換して、インタリーブ処理を行う。

【0255】

このようにして、インタリーブ部 1 4 2 2 は、インタリーブ処理として、組織化パケット列 P 1 2 の後部に位置するパケットを、LDPC 符号化に用いる検査行列 H の最小ストップPINGセットを構成する変数ノードのうちの一つに対応するパケット位置に並び替えるという処理を行う。組織化パケット列 P 1 2 の後部に位置するパケットを、LDPC 符号化に用いる検査行列 H の最小ストップPINGセットを構成する変数ノードのうちの一つに対応するパケット位置に並び替えることにより、インタリーブ部 1 4 2 2 は、最小ストップPINGセットを構成する変数ノードに対応する位置にパディングパケットを割り当てる。

【0256】

上述した(1)～(6)の手順を行う場合には、最小ストップPINGセットに含まれる数が多い変数ノードの順に、当該変数ノードに対応する位置に、冗長パケットが優先的に割り当てられるようになる。インタリーブ処理について、さらに図 4 4 を用いて補足説明する。

【0257】

図 4 4 は、式(12)の検査行列 H に対応するタナグラフを示している。図 4 4 において、上段の検査ノードは、式(12)の検査行列 H の各列に対応し、下段の検査ノードは、検査行列 H の各行に対応する。検査行列 H の i 行 j 列目が 1 ならば、j 番目の変数ノードと i 番目の検査ノードが辺で結ばれる。

【0258】

なお、消失訂正符号化処理の前段においてインタリーブ処理を施さなかった場合に、各変数ノードに割り当てられるパケットを、図 4 4 の変数ノードの上側に併記する。図 4 4 に示すように、変数ノード 1～3 には、情報パケット 1～3 がそれぞれ対応し、変数ノード 4, 5 には、パディングパケット 1, 2 が対応し、変数ノード 6～10 には、消失訂正符号化処理により得られる冗長パケット列 1～5 が対応している。

【0259】

式(12)で与えられる検査行列 H の最小ストップPINGセットサイズは 3 であり、その変数ノードの組み合わせは、式(13-1)～式(13-7)に示すように 7 通りある([] 内の数字は変数ノードのインデックスを表す)。

【数13】

SS 1 = [1, 2, 9] (13-1)
SS 2 = [2, 4, 8] (13-2)
SS 3 = [2, 5, 9] (13-3)
SS 4 = [2, 6, 8] (13-4)
SS 5 = [3, 4, 7] (13-5)
SS 6 = [3, 6, 7] (13-6)
SS 7 = [3, 8, 9] (13-7)

【0260】

上記 7 個の最小ストップPINGセットのうち、最小ストップPINGセットに最も多く含まれる変数ノードは、変数ノード 2 である(7 通り中 4 通り)。また、最小ストップPINGセットに次に多く含まれる変数ノードは、変数ノード 3 である(7 通り中 3 通り)。

【0261】

インタリーブ部 1 4 2 2 は、組織化パケット列 P 1 2 の最後尾にあるパケット(パディ

10

20

30

40

50

ングパケット 2) と、変数ノード 2 に位置する情報パケット 2 の位置とを入れ替える (インタリーブする) 。また、変数ノード 3 に位置する情報パケット 3 と、組織化パケット列 P 1 2 の最後尾から 2 番目にあるパケット (パディングパケット 1) とを入れ替える。図 4 5 に、この場合のインタリーブ処理パターンを示す。図 4 5 (a) は、インタリーブ前のパケットの順序を示し、図 4 5 (b) は、インタリーブ後のパケットの順序を示す。

【 0 2 6 2 】

このように、インタリーブ部 1 4 2 2 は、組織化パケット列 P 1 2 の後部のパケットを、ストップPINGセットの一部の変数ノードに割り当てられているパケットと入れ替えるという処理を行う。すなわち、インタリーブ部 1 4 2 2 は、検査行列 H の最小ストップPINGセットを構成する変数ノードに対応する位置の情報パケットと、既知パケットであるパディングパケットとを入れ替える。その結果、図 4 3 (c) に示すようなインタリーブドパケット列 P 1 3 が得られる。

10

【 0 2 6 3 】

このようにすることで、最小ストップPINGセットに最も多く含まれる変数ノード 2 と、次に多く含まれる変数ノード 3 の位置に、パディングパケット 2 , 1 が配置されるようになる。パディングパケット 2 , 1 は、既知パケットであるので、通信路 1 4 4 0 において、変数ノード 2 , 3 に位置するパディングパケット 2 , 1 が消失しても、復号化側の消失訂正復号化器 1 4 6 0 の再パディング部 1 4 6 1 は、消失したパディングパケット 2 , 1 を再パディングすることができる。したがって、変数ノード 2 , 3 が含まれる最小ストップPINGセットの他の変数ノードに位置するパケットが消失してしまった場合においても、消失訂正復号化部 1 4 6 2 が消失訂正復号できる可能性がある。

20

【 0 2 6 4 】

一方、インタリーブ処理を施さず、変数ノード 2 , 3 に位置する情報パケット 2 , 3 が消失した場合には、情報パケット 2 , 3 は既知でないので、再パディング部 1 4 6 1 は、再パディングすることが困難である。また、変数ノード 2 , 3 が含まれる最小ストップPINGセットの他の変数ノードに位置するパケットが消失してしまった場合には、消失訂正復号化部 1 4 6 2 が消失訂正復号処理を失敗する可能性が高くなる。

【 0 2 6 5 】

消失訂正符号化部 1 4 2 3 は、消失訂正符号化パラメータ記憶部 1 4 2 4 に保持されている検査行列 H に基づいて、冗長パケット 1 ~ 5 を生成し、インタリーブドパケット列 P 1 3 に付加することで、図 4 3 (d) に示すような、N 個のパケットから構成される符号化パケット列 P 1 4 を生成する。

30

【 0 2 6 6 】

このように、インタリーブ部 1 4 2 2 は、検査行列 H の最小ストップPINGセットに、最も多く含まれる変数ノードに対応する位置に、パディングパケットを優先的に割り当てる。このようにすることで、消失訂正に最も影響を与える変数ノードに対応する位置のパケットが消失してしまった場合においても、復号化側の消失訂正復号化器 1 4 6 0 の再パディング部 1 4 6 1 において、再パディングされるので、消失訂正復号できる割合を高くすることができるようになる。

【 0 2 6 7 】

40

(消失訂正復号化装置の動作)

次に、消失訂正復号化器 1 4 6 0 の動作について説明する。図 4 6 は、消失訂正復号化器 1 4 6 0 の各部の入出力されるパケット列を示した図である。なお、図 4 2 には、図 4 6 に対応するパケット列と同一の符号が付されている。

【 0 2 6 8 】

図 4 6 (a) は、受信部 1 4 5 0 から出力される受信パケット列 P 1 5 を示す。図 4 6 (a) において、×印が付されている 3 つのパケットは、通信路 1 4 4 0 で消失したパケットを表す。図 4 6 (a) では、2 番目、4 番目、及び 8 番目のパケットが消失した場合の例を示している。消失した 3 つのパケットに相当する変数ノードは、変数ノード 2 , 4 , 8 であり、これら変数ノードの組み合わせ [2 , 4 , 8] は、式 (1 4) で示される最

50

最小ストップセット S S 2 に一致する。また、消失パケットのうち一つ（2 番目のパケット）は、符号化側でパディングしたパディングパケット 2 である。

【0269】

再パディング部 1461 は、消失訂正復号化パラメータ記憶部 1464 に保持されているパディングパケット数 $P (= 2)$ とデインタリーブ部 1463 で行われるデインタリーブのパターンとから、符号化側でパディングパケットを挿入した位置を決定する。さらに、再パディング部 1461 は、消失したパケットにパディングパケットが含まれるか否か判定し、消失したパケットにパディングパケットが含まれる場合、その位置に再度該当するパディングパケットを挿入する。ここでは、2 番目の位置にあるパケットはパディングパケット 2 であるため、再パディング部 1461 は、2 番目のパケット位置にパディングパケット 2 を挿入する。その結果、図 46 (b) のパケット列 P 16 が得られる。なお、消失したパケットにパディングパケットが含まれない場合は、再パディング部 1461 は、再パディングを行わずに受信パケット列 P 15 をパケット列 P 16 として消失訂正復号化部 1462 に送出する。

10

【0270】

消失訂正復号化部 1462 は、パケット列 P 16 のうち、組織化パケット列に消失が含まれている場合は、消失訂正復号化パラメータ記憶部 1464 に保持されている検査行列 H に基づいて消失訂正復号処理を行う。消失訂正復号処理としては、B P (Belief Propagation) などの反復復号アルゴリズムなどを用いることができる。消失訂正復号化部 1462 は、復号処理が終了した後、図 46 (c) で示すように、組織化パケット列 P 17 のみをデインタリーブ部 1463 に送出する。

20

【0271】

一方、パケット列 P 16 に消失が含まれない場合、もしくは消失が冗長パケット列のみ含まれている場合は、消失訂正復号化部 1462 は、消失訂正復号処理を行わず、組織化パケット列 P 17 のみをデインタリーブ部 1463 に送出する。

【0272】

デインタリーブ部 1463 は、組織化パケット列 P 17 に対し、符号化側のインタリーブ部 1422 で施したインタリーブ処理の逆の処理を施し、パケットを並び替える。上述した図 43 の例で説明すると、デインタリーブ部 1463 は、パディングパケット 2 と情報パケット 2 とを入れ替えるとともに、パディングパケット 1 と情報パケット 3 とを入れ替える。図 46 (d) に、デインタリーブ後の組織化パケット P 18 を示す。図 46 (d) の組織化パケット P 18 のパケット順序は、符号化側のインタリーブ前の組織化パケット P 12 のパケット順序（図 43 (b) 参照）に一致する。

30

【0273】

デインタリーブ部 1463 は、デインタリーブ後の組織化パケット列 P 18 のうち、図 46 (e) に示されるように情報パケットのみからなる情報パケット列 P 19 をパケットデコード部 1470 に送出する。

【0274】

上述したように、符号化側のインタリーブ部 1422 は、最小ストップセットを構成する変数ノードに対応する位置にパディングパケットを割り当てる。例えば、図 43 の例では、インタリーブ部 1422 は、変数ノード 2 にパディングパケットを割り当てた。したがって、最小ストップセット S S 2 の変数ノードに対応するパケット（2 番目、4 番目、8 番目）が通信路 1440 で消失しても、2 番目のパケットを再パディングにより復元することができるので、パケットデコード部 1470 で、S S 2 による消失訂正失敗を回避することができる。また、図 44 の例では、変数ノード 2 を既知のパディングパケットにすることで、変数ノード 2 を含む S S 2 以外のストップセット（S S 1、S S 3、S S 4）による消失訂正失敗をも回避することができる。

40

【0275】

このように、符号化側のインタリーブ部 1422 で、組織化パケット列 P 12 の後部に位置する冗長パケットを、LDPC 符号化に用いる検査行列 H の最小ストップセット

50

を構成する変数ノードのうちの一つに対応するパケット位置に並び替えることにより、通信路 1 4 4 0 において、最小ストップングセットの位置に消失が発生したとしても、再パディング部 1 4 6 1 により再パディングすることができるので、最小ストップングセットによる消失の訂正失敗を回避することができる。

【 0 2 7 6 】

以上のように、本実施の形態によれば、消失訂正符号化器 1 4 2 0 は、情報パケット系列にパディングパケットを付加するパディング部 1 4 2 1 と、パディングパケットと情報パケットとを並べ替えるインタリーブ部 1 4 2 2 と、インタリーブ後のパケット列に対して消失訂正符号化を行う消失訂正符号化部 1 4 2 3 とを備え、インタリーブ部 1 4 2 2 は、低密度パリティ検査符号を定義する検査行列の最小ストップングセットを構成する変数ノードに基づいてパディングパケットと情報パケットとを並び替えるようにした。また、消失訂正復号化器 1 4 6 0 は、受信したパケット系列に対し、再パディングを行う再パディング部 1 4 6 1 と、再パディング後のパケット系列に対し、消失訂正復号化を施す消失訂正復号化部 1 4 6 2 と、消失訂正復号化後のパケット系列の順序を並び替えるデインタリーブ部 1 4 6 3 とを備えるようにした。したがって、LDPC 検査行列の訂正能力特性の制限に関与する最小ストップングセットを構成する変数ノードに基づいて、情報パケットと既知パケットとの並び替えパターンを、最小ストップングセットによる消失訂正失敗を回避するような並び替えパターンにすることにより、最小ストップングセットによる消失訂正失敗の確率を低減することができる。

【 0 2 7 7 】

このように、本発明を用いることで、従来は消失訂正符号化・復号化に関わるパケット数を調節するために挿入されるパディングパケットと適切なインタリーブ・デインタリーブ処理とを利用して、消失訂正符号の訂正能力を劣化させる第一の要因である最小ストップングセットによる訂正失敗の確率を低減することができるという効果が得られる。つまり、通信路で発生した消失が、検査行列に含まれる最小ストップングセットと一致する確率を低下することができ、この結果、消失訂正能力を向上できる。

【 0 2 7 8 】

インタリーブとして、インタリーブ部 1 4 2 2 が、最小ストップングセットを構成する変数ノードに対応する位置の情報パケットと既知パケットとを入れ替えるようにする場合には、最小ストップングセットの位置に消失が発生した場合においても、復号化側の再パディング部 1 4 6 1 により消失パケットを再パディングすることができるので、最小ストップングセットによる消失の訂正失敗を回避することができる。

【 0 2 7 9 】

(インタリーブ処理の他の例)

なお、本発明の実施の形態 1 におけるインタリーブ部 1 4 2 2 は、以下のような処理によりインタリーブを行うようにしても良い。

【 0 2 8 0 】

(1) 検査行列 H に含まれる全ての最小ストップングセットを抽出する。

(2) 組織化パケット列に対応する各変数ノードが、全ての最小ストップングセットの組み合わせからいくつの最小ストップングセットに含まれるかを検査する。

(3) 含まれる最小ストップングセットの数の順に、組織化パケット列に対応する各変数ノードを並び替え、変数ノードリストを作成する。

(4) 変数ノードリストの第一位に対応する変数ノードのパケットと、組織化パケット列 P 1 2 の最後尾のパケット、つまり、冗長パケットとを置換する。

(5 ') 変数ノードリストから、第一位の変数ノードを含む最小ストップングセットに含まれる変数ノードを削除する。削除後の変数ノードリストの最上位に対応する変数ノードのパケットと、組織化パケット列の最後尾から 2 番目のパケット、つまり、冗長パケットとを置換する。

(6 ') 以降、変数ノードリスト最上位の変数ノードを含む最小ストップングセットに含まれる変数ノードを削除し、削除後の変数ノードリストの最上位に対応する変数ノード

の packets と、組織化 packets 列の冗長 packets とを置換して、インタリーブ処理を行う。

【0281】

このようにすることで、最小ストップングセットを構成する変数ノードのうち、少なくとも一つの変数ノードの位置にパディング packets が配置されるようになる。これにより、通信路 1440 において消失する packets 数が多い場合においても、復号化側では、最小ストップングセットを構成する変数ノードのうち、少なくとも一つの変数ノードの位置に既知 packets を再パディングすることができるので、該当する最小ストップングセットによる消失訂正の失敗を回避することができる。

【0282】

なお、以上の説明では、パディング部 1421 が付加するパディング packets の位置が、情報 packets 列の後部とする場合について説明したが、これに限られず、後部でなくても、符号化側・復号化側の双方で既知の位置であれば、情報 packets 列の先頭でも中間でも良い。例えば、パディング部 1421 が、情報 packets 列の先頭にパディング packets を付加した場合、インタリーブ部 1422 は、変数ノードリストの最上位の位置の packets と、組織化 packets 列の最先頭の packets を置換するインタリーブパターンを用いて、インタリーブ処理を行うようにしてもよい。パディング部 1421 が、情報 packets 列の中間にパディング packets を付加した場合は、インタリーブ部 1422 は、同様に、中間の packets を、変数ノードリスト記載されている変数ノードの packets と順に置換する。

【0283】

また、本実施の形態では、式(12)に示される検査行列 H を用いた場合について説明したが、検査行列 H は式(12)に示されるものに限られず、その他の検査行列を用いた場合でも本発明を用いることにより同様の効果を得ることができる。

【0284】

加えて、実施の形態 6 の既知ビット挿入部のように、パディング部 1421 が、既知 packets (又は、既知シンボル、既知ブロック)を挿入し、インタリーブ部 1422 が、LDPC 符号の検査行列で最小ストップングセットを構成する packets (又は、シンボル、ブロック)を、既知 packets (又は、既知シンボル、既知ブロック)とすることで、第 1 階層情報と第 2 階層情報との連結制御を行うことができるとともに、最小ストップングセットにより消失訂正が失敗する確率を低下することができる。

【産業上の利用可能性】

【0285】

本発明は、第 1 の情報系列と第 2 の情報系列を伝送する場合に、第 2 の情報系列の誤り率特性を向上させることができるといった効果を有し、無線基地局や移動端末等からなる通信システムに広く適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0286】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る送信装置の構成を示すブロック図

【図 2】実施の形態 1 の符号化器の構成の説明に供する図

【図 3】実施の形態 1 の符号化器の他の構成の説明に供する図

【図 4】実施の形態 1 の受信装置の構成を示すブロック図

【図 5】実施の形態 1 の復号器の構成を示すブロック図

【図 6】実施の形態 1 の LDPC 復号器の動作の説明に供する図

【図 7】地上デジタル音声放送における階層伝送方式のイメージを表す図

【図 8】実施の形態 2 の送信装置の構成を示すブロック図

【図 9】実施の形態 2 の内符号化器の構成の説明に供する図

【図 10】実施の形態 2 の内符号化器の他の構成の説明に供する図

【図 11】実施の形態 3 の送信装置の構成を示すブロック図

【図 12】実施の形態 3 の誤り訂正・検出符号化器の構成の説明に供する図

【図 13】実施の形態 3 の受信装置の構成を示すブロック図

10

20

30

40

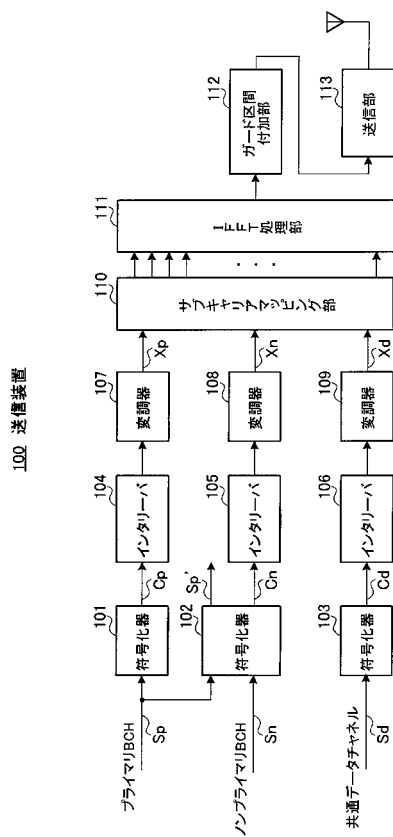
50

【図 1 4】実施の形態 3 の誤り訂正復号器の構成を示すブロック図	
【図 1 5】実施の形態 3 の動作の説明に供する図	
【図 1 6】本発明の実施の形態 4 に係る符号化器の入出力関係を示す図	
【図 1 7】実施の形態 4 の検査行列 H の構成の一例を示す図	
【図 1 8】検査行列 T 1 及び T 2 の構成を示す図	
【図 1 9】実施の形態 4 に係る符号化器の構成を示す図	
【図 2 0】実施の形態 4 の検査行列 H の別の構成を示す図	
【図 2 1】検査行列 T 1 及び T 2 の別の構成を示す図	
【図 2 2】実施の形態 4 に係る符号化器の入出力関係を示す図	
【図 2 3】実施の形態 4 に係る復号器の構成及び入出力関係を示す図	10
【図 2 4】本実施の形態 4 に係る復号器の別の構成を示す図	
【図 2 5】本実施の形態 4 に係る復号器の別の構成を示す図	
【図 2 6】実施の形態 4 の検査行列 H の別の構成を示す図	
【図 2 7】本発明の実施の形態 5 に係る符号化器の構成を示す図	
【図 2 8】実施の形態 5 に係る符号化器の別の構成を示す図	
【図 2 9】本発明の実施の形態 6 に係る符号化器の構成を示す図	
【図 3 0】実施の形態 6 の検査行列 H の構成を示す図	
【図 3 1】実施の形態 6 に係る復号器の構成を示す図	
【図 3 2】本発明の実施の形態 7 に係る符号化器の構成を示す図	
【図 3 3】実施の形態 7 に係る復号器の構成を示す図	20
【図 3 4】本発明の実施の形態 8 に係る通信システムの全体構成を示す図	
【図 3 5】実施の形態 8 に係る消失訂正符号化器の構成を示す図	
【図 3 6】実施の形態 8 の検査行列 H の構成を示す図	
【図 3 7】実施の形態 8 に係る消失訂正符号化器の別の構成を示す図	
【図 3 8】実施の形態 8 に係る通信システムの信号送受信フローを示す図	
【図 3 9】本発明の実施の形態 9 に係る通信システムの全体構成を示す図	
【図 4 0】実施の形態 9 のパケット生成部から生成されるパケット系列を示す図	
【図 4 1】実施の形態 9 の消失訂正符号化器の要部構成を示すブロック図	
【図 4 2】実施の形態 9 の消失訂正復号器の要部構成を示すブロック図	
【図 4 3】実施の形態 9 の消失訂正符号化器の動作を説明するための図	30
【図 4 4】実施の形態 9 の消失訂正符号化器で用いるタナーグラフを示す図	
【図 4 5】実施の形態 9 におけるインタリーブパターンの一例を示す図	
【図 4 6】実施の形態 9 の消失訂正復号器の動作を説明するための図	
【図 4 7】報知チャネル (B C H : Broadcast CHannel) の構成例を示す図	
【図 4 8】プライマリ B C H の移動端末でのソフト合成のイメージを示す図	
【符号の説明】	
【 0 2 8 7 】	
1 0 0、3 0 0、4 0 0 送信装置	
1 0 1、1 0 2、1 0 3 符号化器	
1 0 2 - 1、3 0 6 - 1、4 0 3 - 3 ビット接続部	40
1 0 2 - 2 L D P C 符号化器	
1 0 2 - 3、3 0 6 - 3、4 0 3 - 5 符号語分離部	
2 0 0、5 0 0 受信装置	
2 1 1、2 1 2、2 1 3 復号器	
2 1 6 乗算器	
2 1 7 L D P C 復号器	
3 0 5、3 0 6 内符号化器	
3 0 6 - 2 内符号化部	
4 0 3 誤り訂正・検出符号化器	
5 0 3 誤り訂正復号器	50

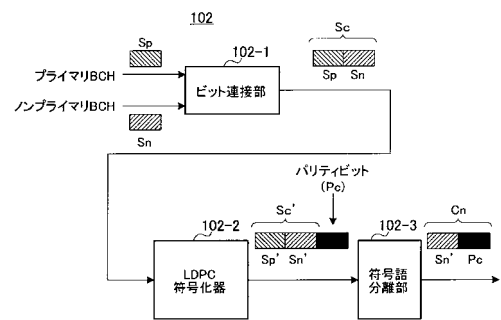
6 0 0、8 0 0、8 0 0 A、9 0 0、1 1 0 0	符号化器	
6 0 1	切り替え器	
6 0 2	検査行列 H s 1 記憶部	
6 0 3	検査行列 H s 2 記憶部	
6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M 1、6 0 4 - 1 ~ 6 0 4 - M 2	ウェイト乗算器	
6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M 1、6 0 5 - 1 ~ 6 0 5 - M 2、6 0 9 - 1、6 0 9 - 2	m	
o d 2 加算器		
6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M 1、6 0 6 - 1 ~ 6 0 6 - M 2、6 1 0 - 1、6 1 0 - 2	遅延器	
6 0 7、6 0 8	並列・直列変換部	10
7 0 0、7 0 0 A、7 0 0 B、1 0 2 0	復号器 (H)	
7 1 0 A、7 1 0 B、1 0 2 1	復号器 (H 1)	
7 2 0 A、7 2 0 B、1 0 2 2	復号器 (H 2)	
8 1 0	符号化器 (H 1)	
8 2 0、8 2 0 A	符号化器 (H 2)	
9 1 0	既知ビット挿入部	
9 2 0	符号化器 (H)	
9 2 1	第 1 階層符号化器	
9 2 2	第 2 階層符号化器	
1 0 0 0、1 2 0 0	復号器	20
1 0 1 0	既知尤度挿入部	
1 1 1 0	既知ビット数決定部	
1 1 2 0	制御信号符号化器	
1 2 1 0	第 1 階層信号受信処理部	
1 2 2 0	第 2 階層信号受信処理部	
1 2 3 0	受信品質推定部	
1 2 4 0	制御信号受信処理部	
1 2 5 0	制御信号復号器	
1 3 0 1 - 1	第 1 階層情報供給部	
1 3 0 1 - 2	第 2 階層情報供給部	30
1 3 0 2 - 1、1 3 0 2 - 2、1 3 0 8	シンボル化部	
1 3 0 3	消失訂正符号化器	
1 3 0 4	パケット化部	
1 3 0 5、1 4 3 0	送信部	
1 3 0 6、1 4 4 0	通信路	
1 3 0 7、1 4 5 0	受信部	
1 3 0 9	消失訂正復号器	
1 3 1 0 - 1	第 1 階層情報復元部	
1 3 1 0 - 2	第 2 階層情報復元部	
1 4 1 0	パケット生成部	40
1 4 2 0	消失訂正符号化器	
1 4 6 0	消失訂正復号化器	
1 4 7 0	パケットデコード部	
1 4 2 1	パディング部	
1 4 2 2	インタリーブ部	
1 4 2 3	消失訂正符号化部	
1 4 2 4	消失訂正符号化パラメータ記憶部	
1 4 6 1	再パディング部	
1 4 6 2	消失訂正復号化部	
1 4 6 3	デインタリーブ部	50

1 4 6 4 消失訂正復号化パラメータ記憶部

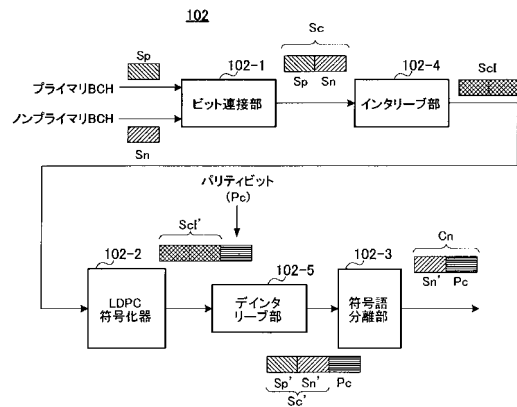
【図 1】



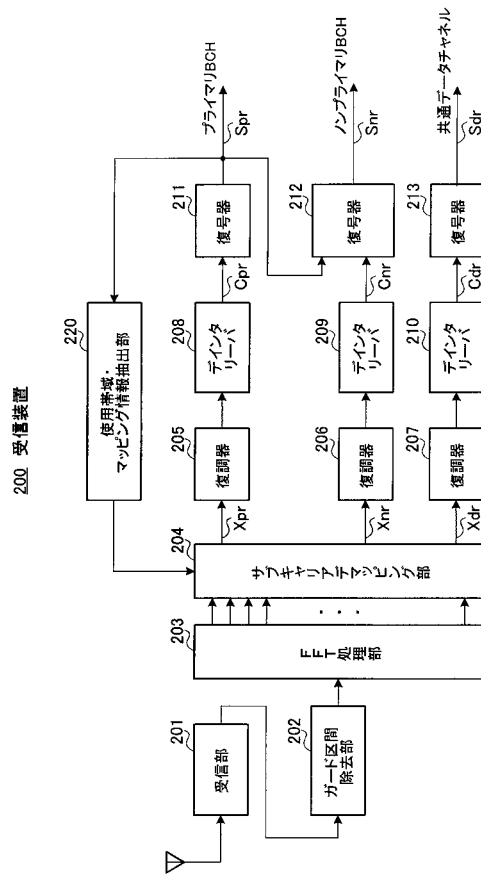
【図 2】



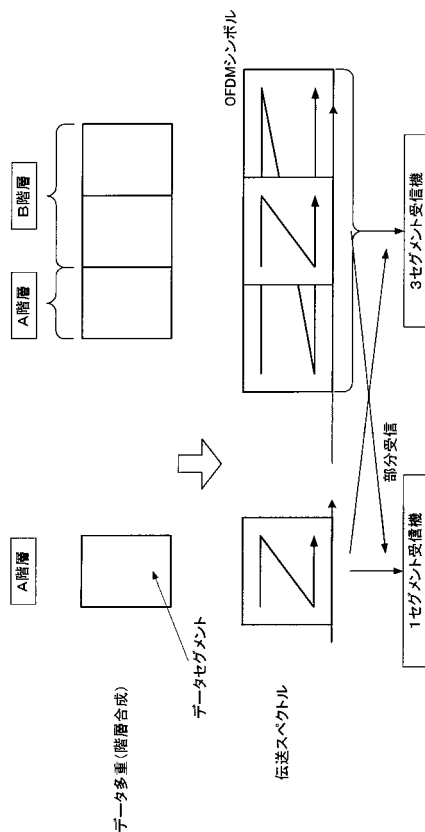
【図 3】



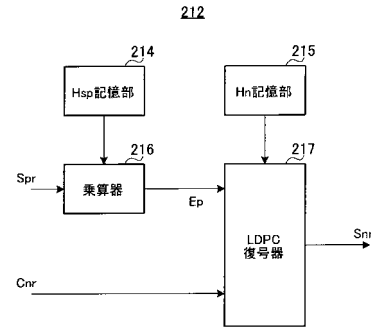
【図4】



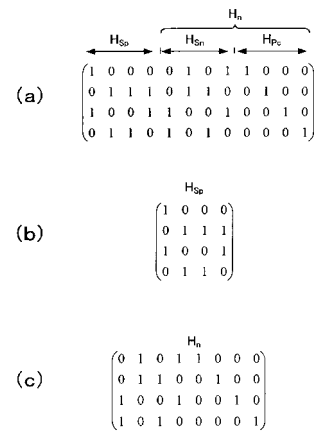
【図7】



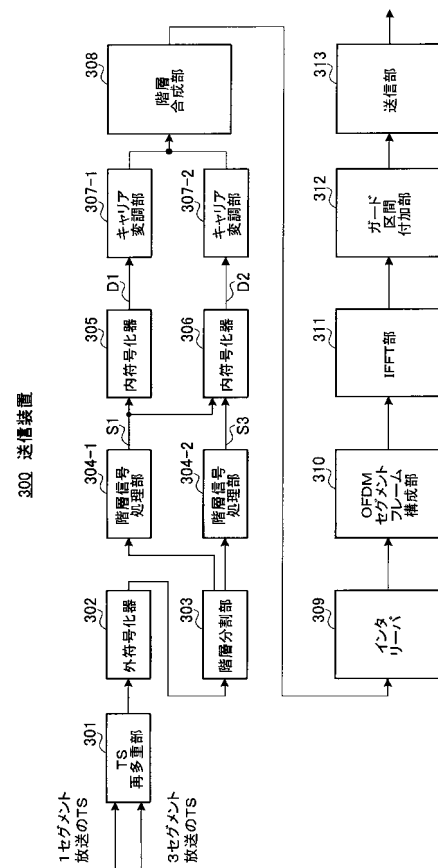
【図5】



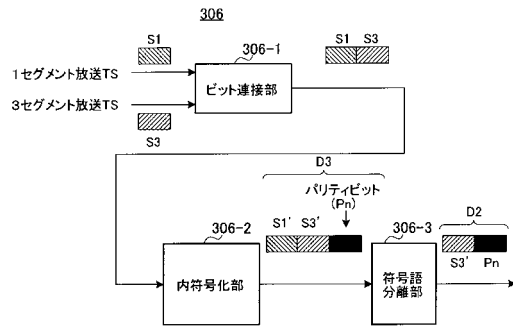
【図6】



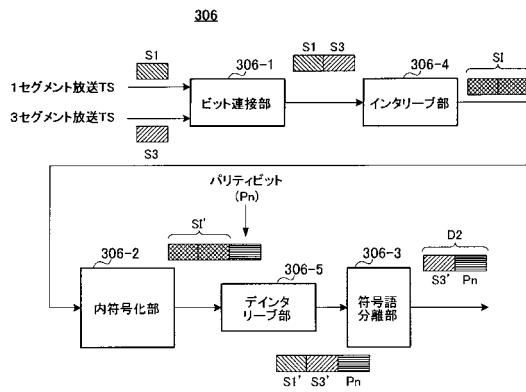
【図8】



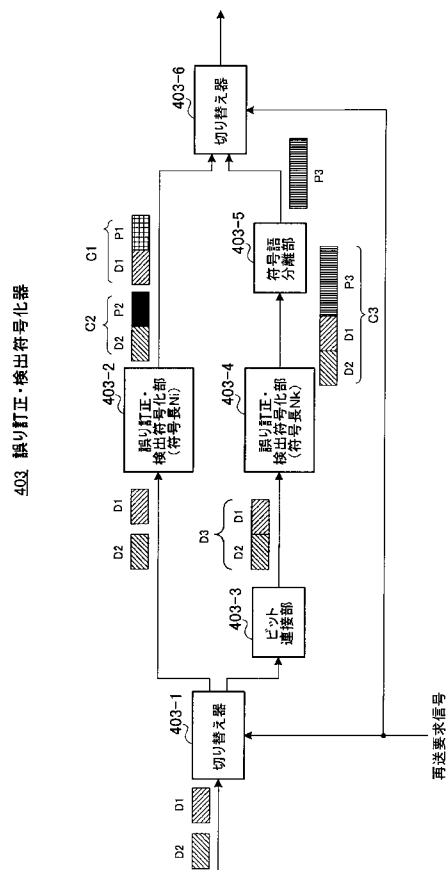
【図 9】



【図 10】

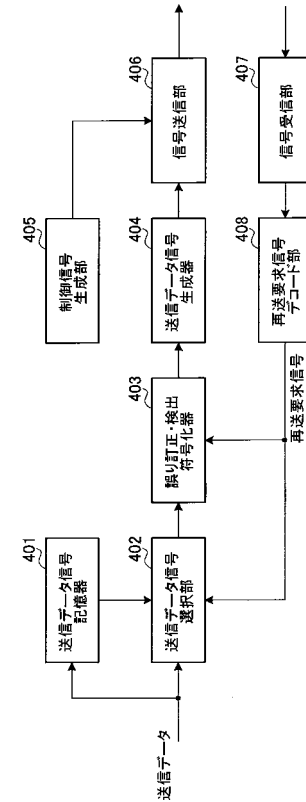


【図 12】



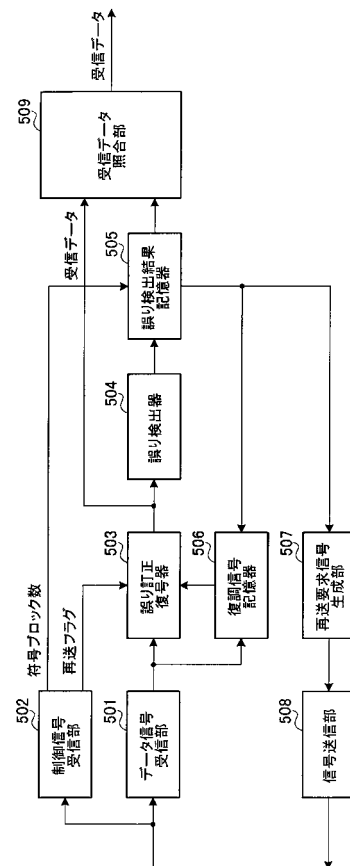
【図 11】

400 送信装置

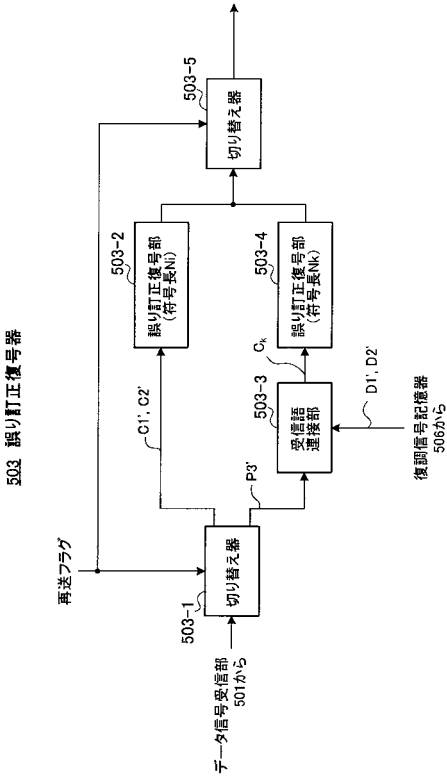


【図 13】

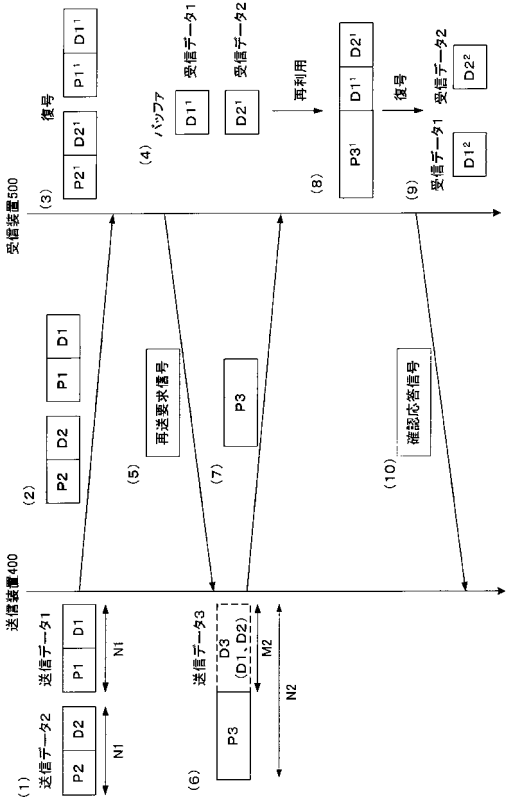
500 受信装置



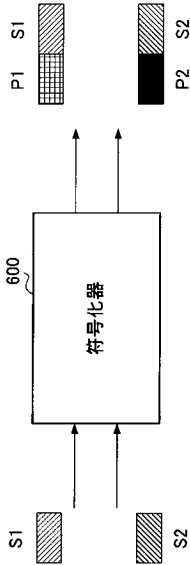
【図 14】



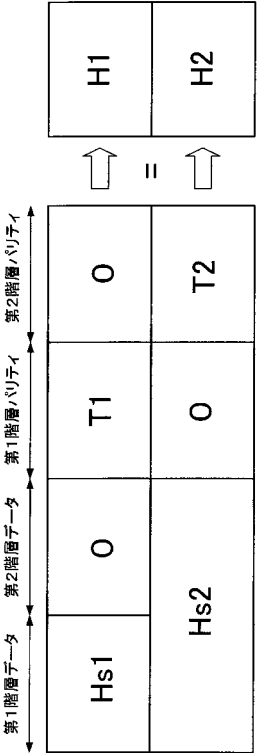
【図 15】



【図 16】



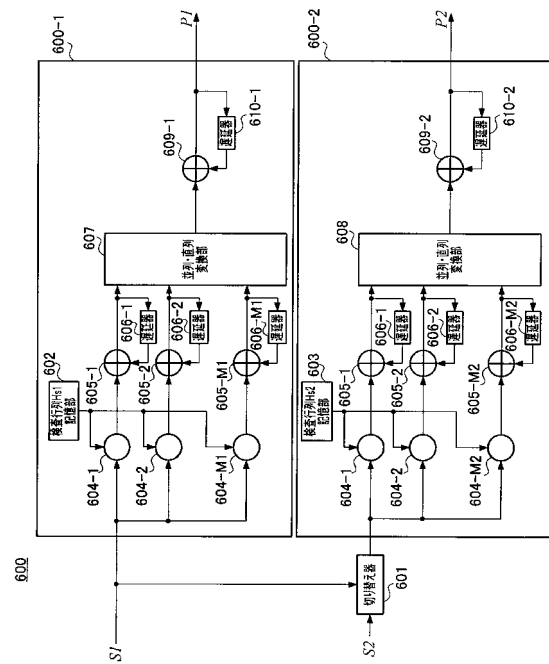
【図 17】



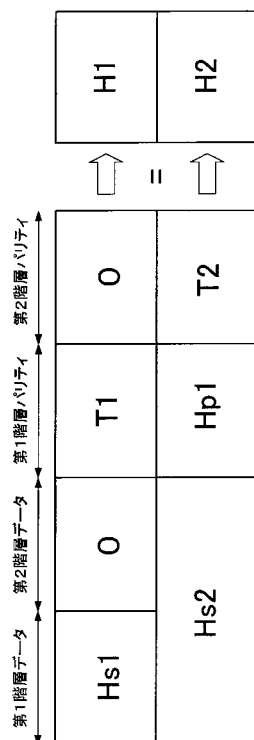
【 図 1 8 】

[illegible]

【 図 1 9 】



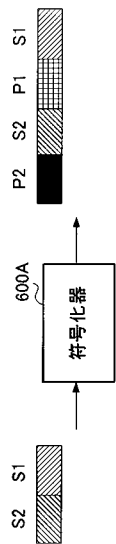
【 図 2 0 】



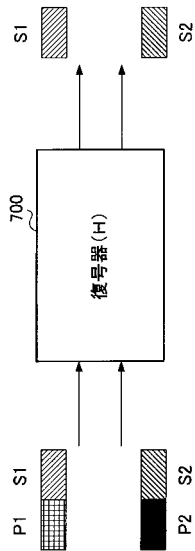
【 図 2 1 】

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

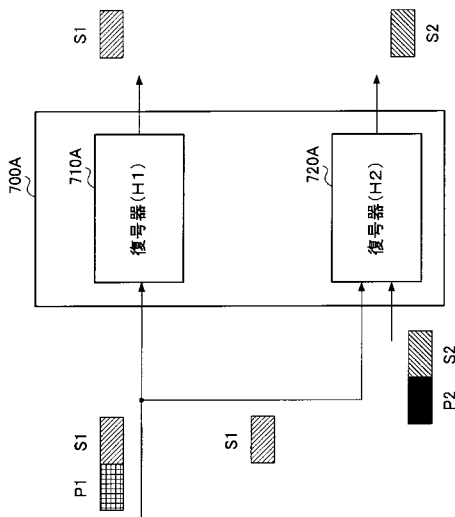
【図 2 2】



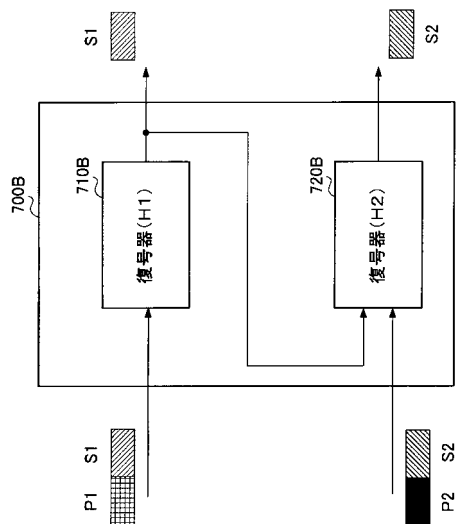
【図 2 3】



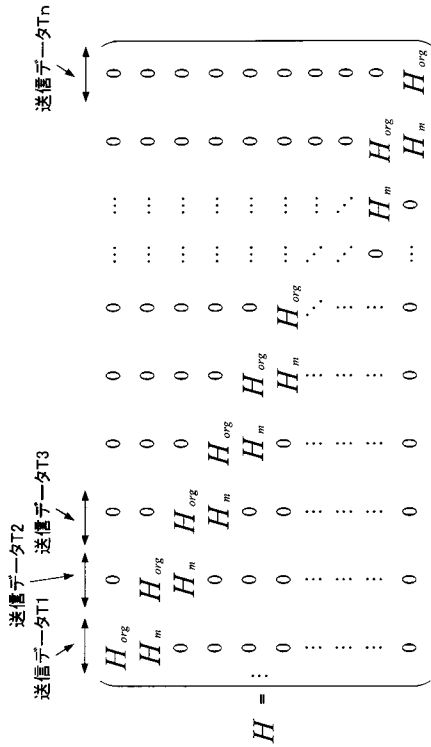
【図 2 4】



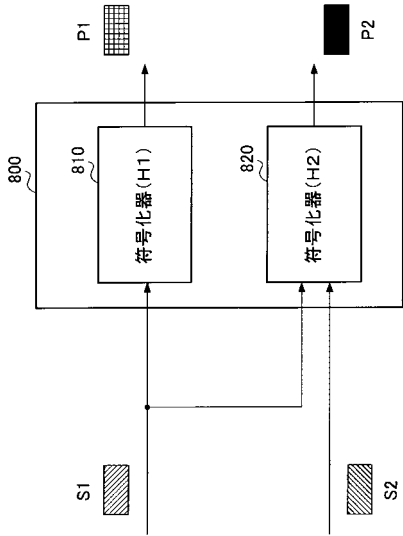
【図 2 5】



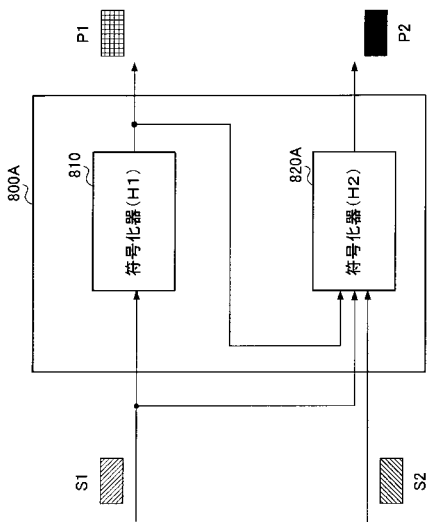
【図 2 6】



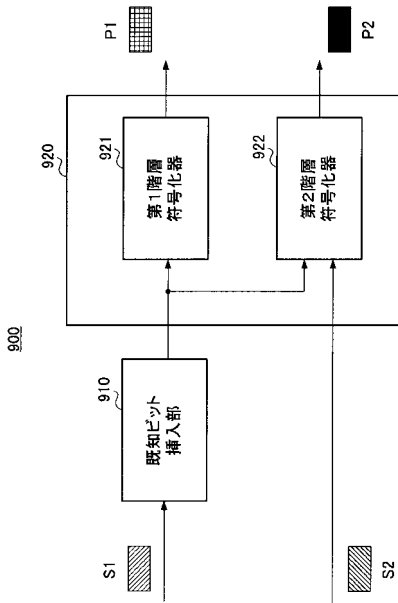
【図 2 7】



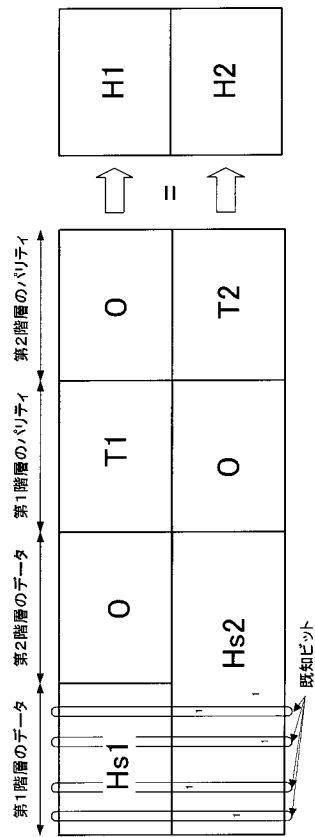
【図 2 8】



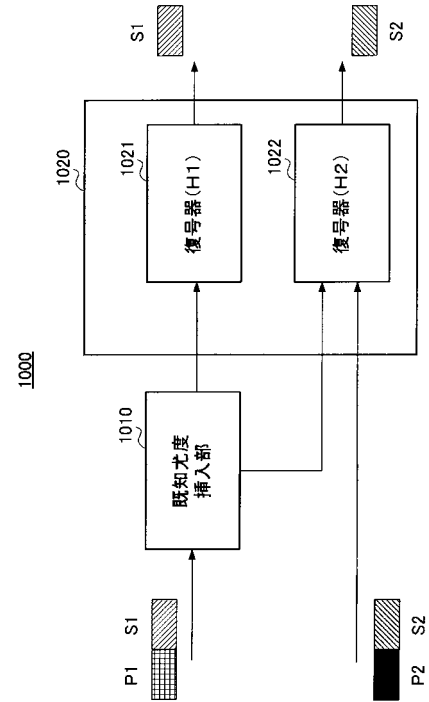
【図 2 9】



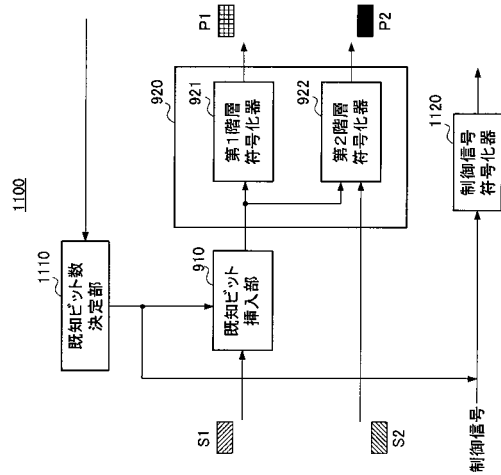
【図 30】



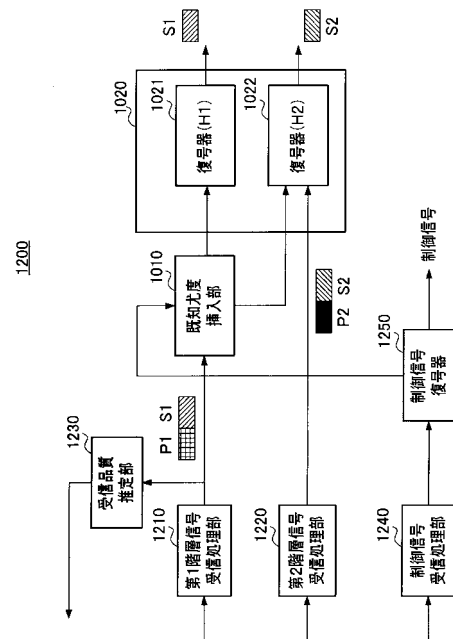
【図 31】



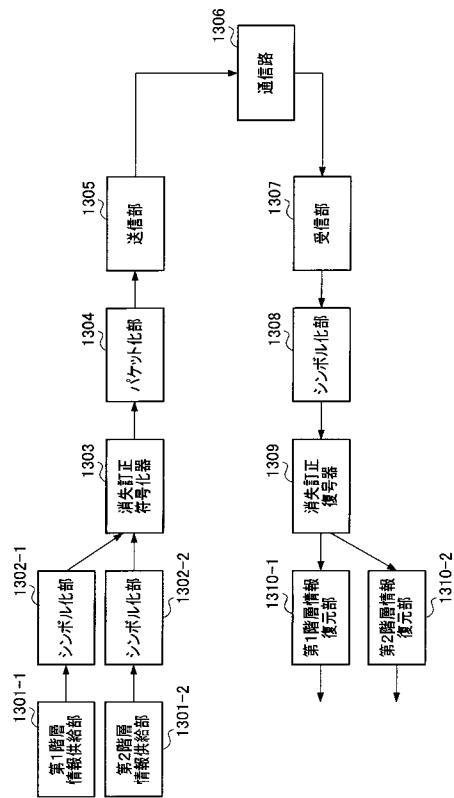
【図 32】



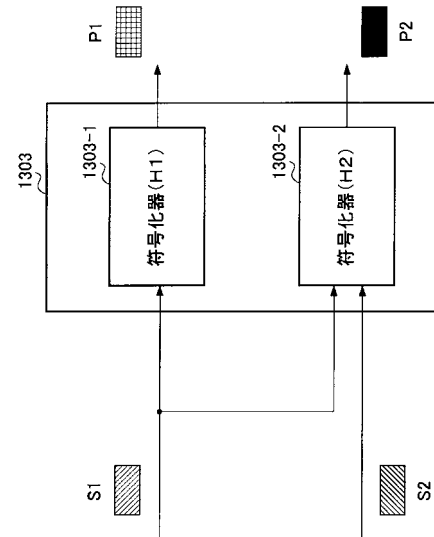
【図 33】



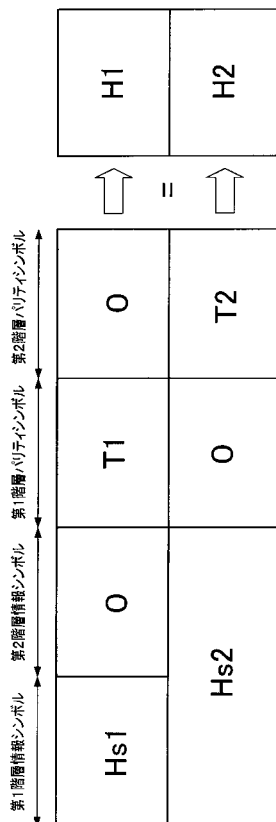
【図 3 4】



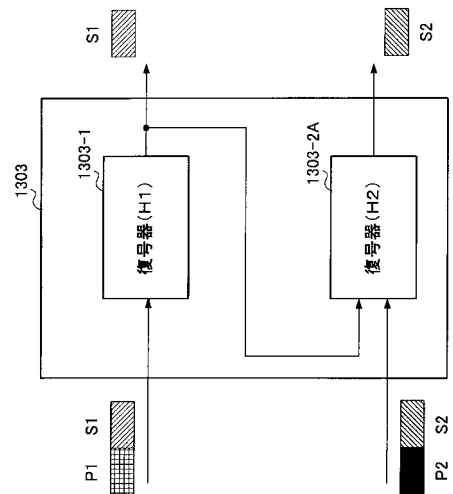
【図 3 5】



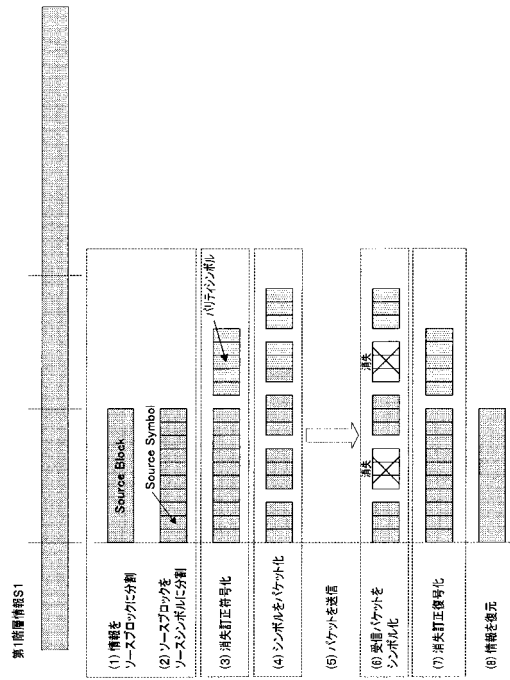
【図 3 6】



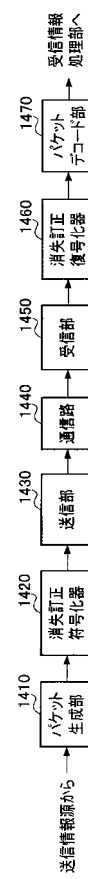
【図 3 7】



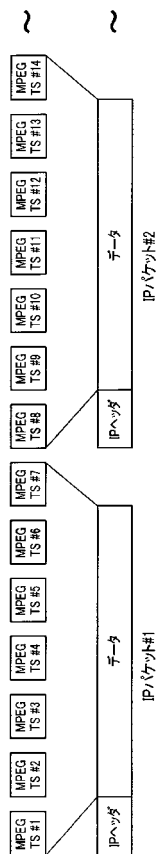
【図 38】



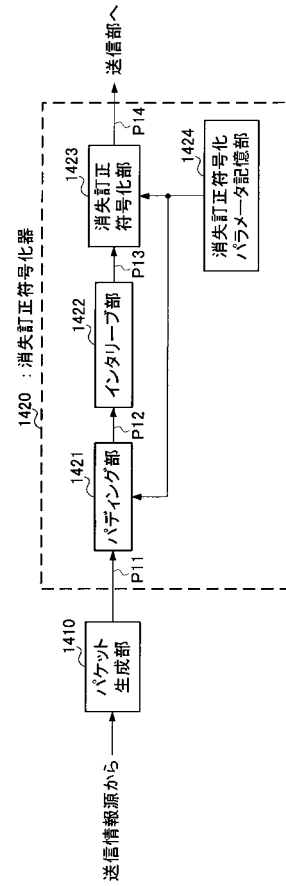
【図 39】



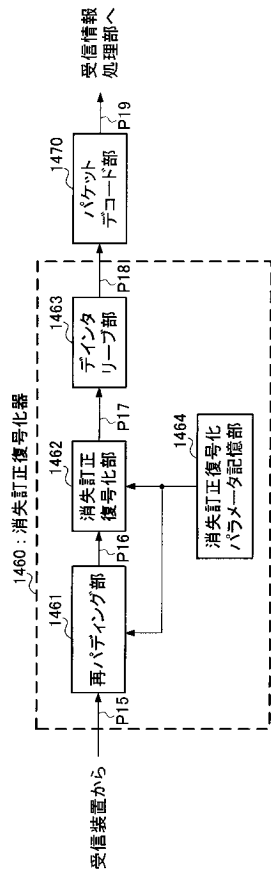
【図 40】



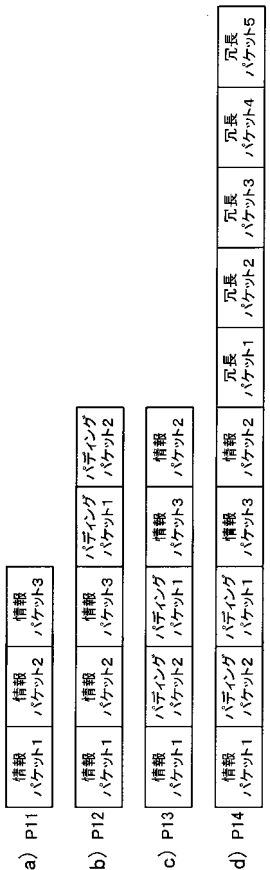
【図 41】



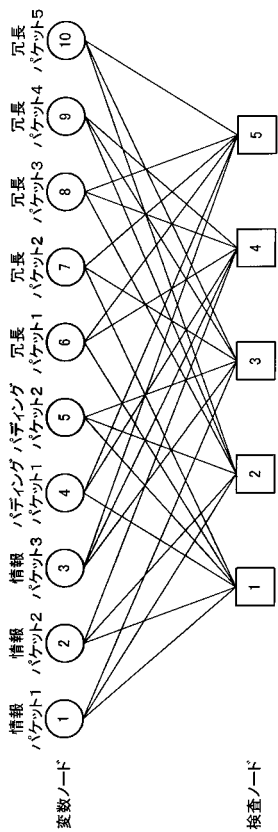
【図 4 2】



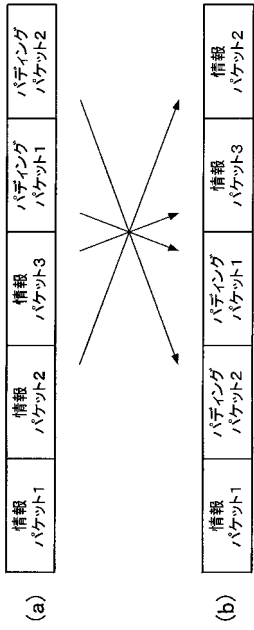
【図 4 3】



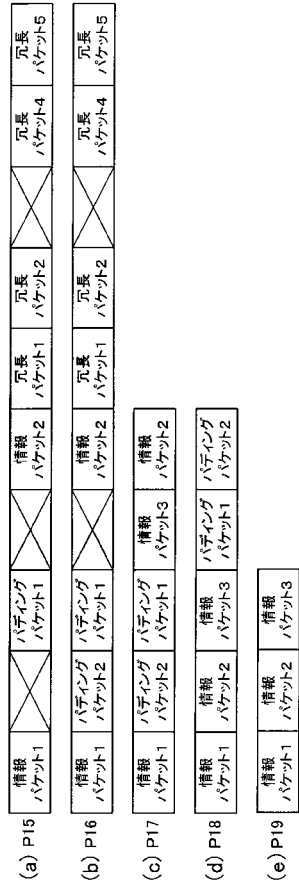
【図 4 4】



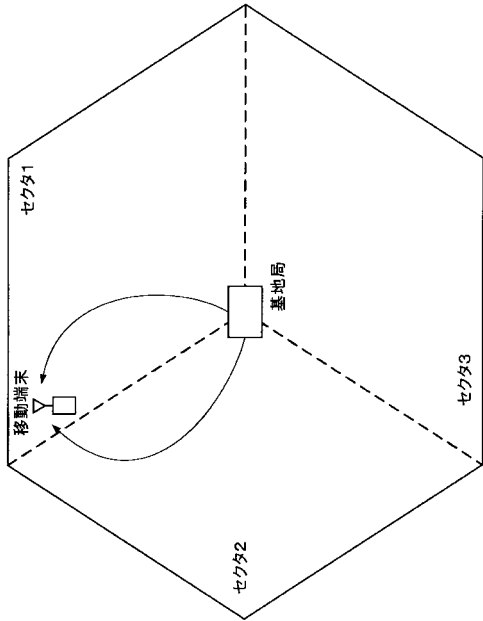
【図 4 5】



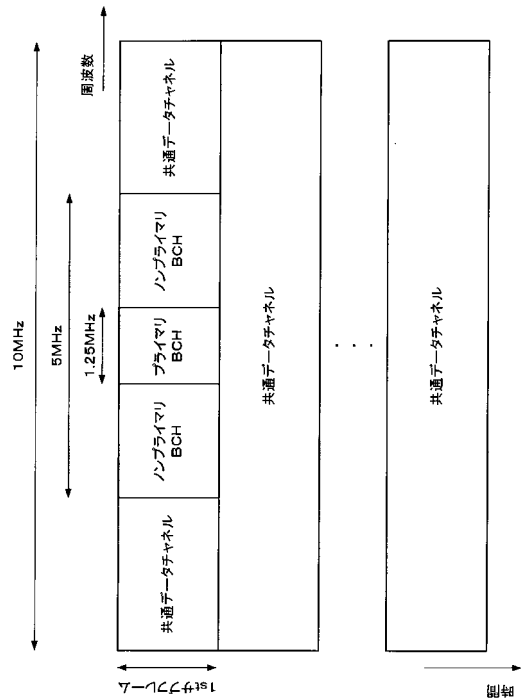
【図 4 6】



【図 4 8】



【図 4 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 3 M 13/35

(72)発明者 岸上 高明

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 谷岡 佳彦

(56)参考文献 特表 2 0 0 5 - 5 1 5 7 0 4 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 0 0 7 7 7 5 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 0 4 3 9 5 3 (J P , A)

特開平 1 0 - 1 5 4 9 7 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 L 1 / 0 0

H 0 3 M 1 3 / 2 9

H 0 3 M 1 3 / 3 5

H 0 4 W 2 8 / 0 4

H 0 4 W 2 8 / 1 8